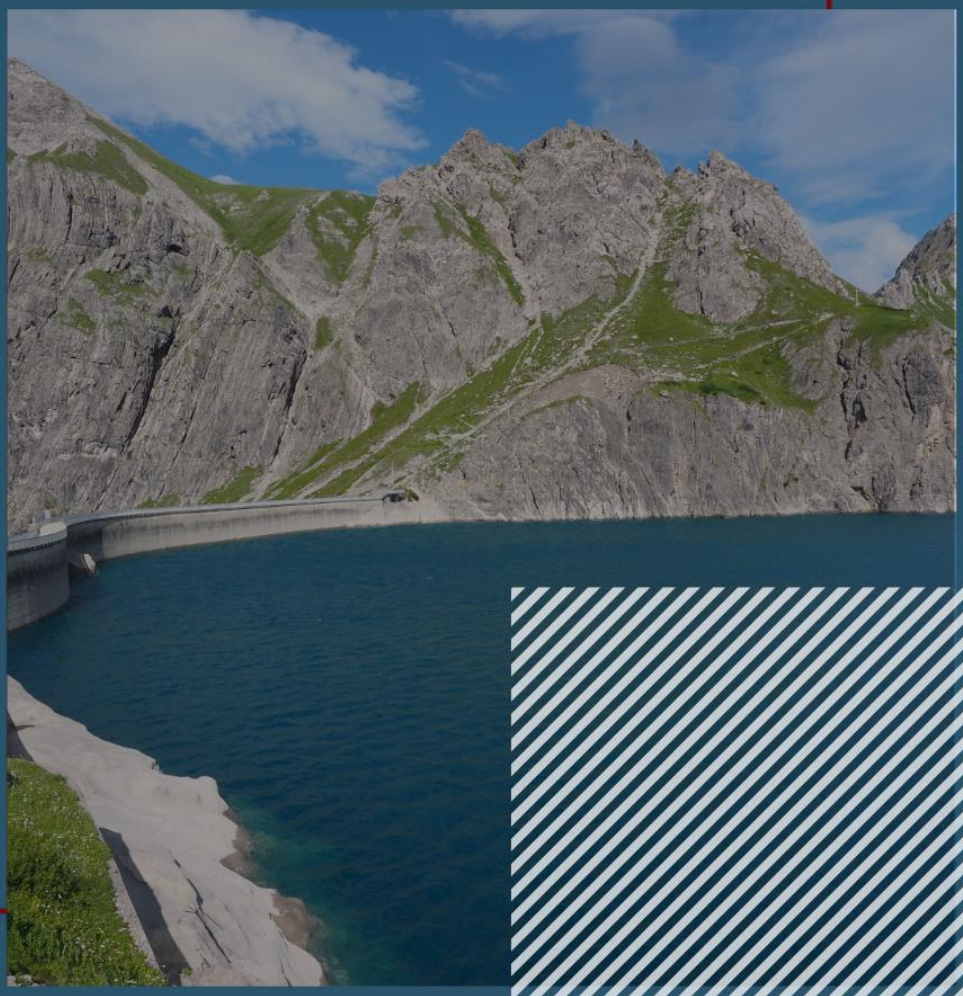
# MEIO AMBIENTE SUSTENTABILIDADE & TECNOLOGIA



(Organizador)
José Henrique Porto Silveira

13

Editora Poisson

Organizador
José Henrique Porto Silveira

# Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia
# Volume 13

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2022

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514
Meio Ambiente, sustentabilidade e tecnologia - Volume 13/ Organização: José Henrique Porto Silveira - Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2022

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-226-6
DOI: 10.36229/978-65-5866-226-6

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Meio ambiente 2. Gestão. 3. Tecnologia
I. SILVEIRA, José Henrique Porto II. Título

CDD-333.72

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

# *Prefácio*

A trajetória dos seres humanos vem sendo escrita com ênfase sempre na nossa infinita capacidade de subjugar a natureza, extrair dela o que nos interessa e descartar o que não nos serve na forma de resíduos. Tais resíduos no ar, na água ou no solo representam o que deve ser evitado, mitigado ou controlado. É poluição ou degradação. Em grande parte essa trajetória desastrada é decorrente da evolução das ciências e suas tecnologias.

Mas quando se começa perceber o desastre, mesmo que lenta e gradativamente a ciências e suas tecnologias podem se constituir em reversão da catástrofe prenunciada. Novos tempos, tempos de pensar de forma sistêmica e ecológica.

Nessa perspectiva, meio ambiente e sustentabilidade são expressões fundamentais. Conceitos distintos, mas indissociáveis para podermos pensar para agir e agir para construir o futuro da humanidade. É assim que as ciências atuam, buscando respostas com a ampliação dos conhecimentos e encontrando soluções com novas tecnologias. Nesta busca incessante para criar e construir soluções para os problemas ambientais e de encontrar caminhos para manifestação dos preceitos da sustentabilidade, tecnologias são ensaiadas e sugeridas como viáveis e mesmo projetadas para execução.

E este é o verdadeiro papel das ciências nas academias e nos centros de pesquisa, envolvendo as muitas disciplinas que se integram na construção do conhecimento socioambiental: engenharia, arquitetura, sociologia, psicologia, geografia, antropologia, biologia, pedagogia e tantas outras. Quase sempre são processos que envolvem a multi, a inter e a transdisciplinaridade.

Nessa coletânea, a intenção principal é mostrar possibilidades, algumas mais outras menos detalhadas, mas todas dotadas de intencionalidades em relação à busca de um futuro melhor.

Como ambientalista e profissional com muitos anos de atuação nas áreas de avaliação de impactos e educação ambiental vejo como muito promissor as ideias e soluções técnicas que estão sendo gestadas no meio acadêmico nas áreas de meio ambiente e sustentabilidade.

Reitero que as temáticas como meio ambiente e sustentabilidade devem estar em constante interação na construção do futuro, já que inevitavelmente a nossa permanência como espécie depende da permanência de outras espécies da flora e da fauna e da boa qualidade dos elementos ar, água e solo. Nunca é tarde na busca de reverter a nossa trajetória, usando bom senso e o conhecimento proporcionado pelas ciências e pelas culturas milenares sobre o meio ambiente.

*José Henrique Porto Silveira*

# Sumário

**Capítulo 1:** Design e comportamento: Efeitos da tecnologia a favor de comportamentos sustentáveis na lavadora de roupas ..... 09

Marcelo dos Santos Forcato, Vagner Basqueroto Martins

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.01

**Capítulo 2:** Nova rota de processamento de embalagens poliméricas biodegradáveis a base de amido e poliéster ..... 41

Henrique Solowej Medeiros Lopes, Gean Henrique Marcatto de Oliveira, Alessandra de Almeida Lucas

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.02

**Capítulo 3:** Aproximación a la Ecología Política de la Basura y los Residuos ..... 53

Daniel Prieto Sánchez, Peter Herman May, Cícero Augusto Prudêncio Pimenteira, Marisol Valencia Orrego, Luisa Fernanda Tovar Cortés

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.03

**Capítulo 4:** Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos de empresa de mineração de calcário ..... 70

Ary Sá de Figueiredo, Lucas Tolfo Ramires, Gabriel D`Avila Fernandes, Pedro Daniel da Cunha Kemerich, Douglas Bitencourt Vidal

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.04

**Capítulo 5:** Os impactos socioambientais dos portos graneleiros na bacia do Rio Tapajós: A importância do despertar da comunidade local. ..... 88

Romilson Alves da Silva

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.05

**Capítulo 6:** Aspectos geoambientais do bioma Caatinga aplicados ao sensoriamento remoto: O caso de estudo do Parque Nacional de Ubajara-CE ..... 95

Neison Cabral Ferreira Freire, Débora Coelho Moura, Alexandrina Saldanha Sobreira de Moura, Janaína Barbosa da Silva

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.06

**Capítulo 7:** Comportamento da precipitação e umidade relativa do ar em Caruaru-PE, Brasil ..... 114

Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena, Raimundo Mainar de Medeiros, Marcelo Kozmhinsky, Vicente de Paulo Silva, Romildo Morant de Holanda, Alex Souza Moraes

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.07

# Sumário

**Capítulo 8:** Diagnóstico da qualidade da água subterrânea do poço artesiano do Hospital Universitário de Lagarto-SE ..... 119

Humberto D'Oliveira Santos Neto, Bruno Gustavo Oliveira Chagas, Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.08

**Capítulo 9:** Balneabilidade em reservatório no Semiárido: Percepção ambiental e qualidade da água ..... 128

Dayana Melo Torres, Sátiva Barbosa de Brito Lélis Villar, Shirlany Pontes da Silva, Ana Andrêza Paixão

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.09

**Capítulo 10:** Evolução cronológica da biorremediação de petróleo por bactérias ..... 135

Hellen da Silva Sousa, Gilvânia Pereira da Costa, Francisca Klívia Nogueira Barbosa, Ana Millene dos Santos Silva, Lázaro Henrique Pereira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.10

**Capítulo 11:** Influência do processo de fotodegração na dissolução do óleo oriundo do desastre ambiental no litoral do Nordeste, Brasil ..... 141

Jeferson Alves de Alcântara, Rômulo André Santos Silva, Joel Marques da Silva, Carlos Alexandre Borges Garcia, Adnívia Santos Costa Monteiro, Silvânio Silvério Lopes da Costa

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.11

**Capítulo 12:** Plano para a integração do Eixo Leste do Projeto São Francisco com bacias do estado da Paraíba ..... 147

Cícero Aurélio Grangeiro Lima

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.12

**Capítulo 13:** Influência do padrão espacial da cobertura florestal na qualidade de água em bacias agrícolas ..... 163

Kaline de Mello, Ricardo Hideo Taniwaki

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.13

**Capítulo 14:** Áreas suscetíveis a eventos de queimada no Pantanal Brasileiro ..... 172

José Victor Orlandi Simões, Isadora Gurjon Gomes, Rogério Galante Negri, Adriano Bressane, Tatiana Sussel Gonçalves Mendes

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.14

# Sumário

**Capítulo 15:** A recuperação de áreas degradadas na Amazônia e no Cerrado brasileiro e seus impactos econômicos e ambientais ..... 186

Juliano dos Santos Cardoso, Jonathan Gonçalves da Silva, Roselaine Bonfim de Almeida, Leandro Vinícios Carvalho

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.15

**Capítulo 16:** Mapeamento, quantificação e caracterização das áreas extrativas do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) no sistema estuarino-lagunar de Cananéia (Litoral Sul de São Paulo, Brasil) utilizando geotecnologias ..... 203

Luciana Cavalcanti Maia Santos, João Pedro Ocanha Krizek, Marisa Dantas Bitencourt, Marcelo Antônio Amaro Pinheiro

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.16

**Capítulo 17:** Sistemas Participativos de Garantia na agricultura familiar e na promoção do desenvolvimento rural sustentável ..... 212

Guilherme Fontana Ramos, Janete Stoffel, Pedro Ivan Christoffoli

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.17

**Capítulo 18:** Avaliação de Equidade Ambiental: Um estudo da dimensão social na avaliação de impactos ambientais ..... 222

Lucas Gomes de Medeiros, Maria Clara de Sousa Vieira, Aline Rodrigues da Silva, Mayara Gomes Dantas, Daniel Viana Andrade Silva, Islanny de Andrade Leite Anastácio

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.18

**Capítulo 19:** Ecoturismo na América Latina: Uma revisão de literatura ..... 230

Aldira Raquel Paula Maia

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.19

**Capítulo 20:** Turismo e gestão ambiental: Caracterização do perfil dos visitantes do Parque Nacional de Ubajara, Ceará ..... 237

Tiago Bessa Aragão, Rogério César Pereira de Araújo

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.20

**Capítulo 21:** Percepção dos hóspedes sobre a prática do consumo sustentável na Hotelaria ..... 248

Mariana Pires Vidal López, Patrícia Oliveira de Freitas, Sandra Martins Lohn Vargas

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.21

# Sumário

**Capítulo 22:** Pegada Ecológica de alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG - Campus Itumbiara: Um estudo no contexto da pandemia da COVID-19 ..... 262

Maraína Souza Medeiros, Patrícia Michele Ribeiro, Pedro Henrique Pereira e Moreira, Simone Machado Goulart

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-226-6.CAP.22

**Autores** ..... 271

# Capítulo 1

## *Design e comportamento: Efeitos da tecnologia a favor de comportamentos sustentáveis na lavadora de roupas*

*Marcelo dos Santos Forcato*
*Vagner Basqueroto Martins*

Resumo: O *design* sempre influenciou o comportamento de consumo. No entanto, são poucos os produtos que influenciam de forma positiva o processo de utilização dos produtos. Este artigo tem por objetivo demonstrar como o design, aliado a soluções tecnológicas sustentáveis, é capaz de influenciar psicologicamente o comportamento de determinados usuários no sentido de obter resultados mais sustentáveis. Trata-se de estudo que teve como usuário-alvo a população moradora de habitação de interesse social. A inserção de *eco-feedback* em lavadora de roupas, uma das estratégias de design para mudança de comportamento apresentadas neste artigo, demonstrou inclinação de duas usuárias a simular a tarefa de lavar roupas observando com mais consciência seus níveis de consumo de água e energia. Além disso, observou-se que houve avanço de estágio rumo à comportamentos ecoeficientes conforme modelo para mudança de comportamento apresentado. Por fim, a pesquisa apresenta como resultados meta-requisitos para a implementação de *eco-feedback* e tecnologias similares no desenvolvimento de lavadoras de roupas e outros bens de consumo considerados importantes para percepção do próprio *status* social.

Palavras-chave: *Design*; mudança de comportamento; *eco-feedback*.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo propõe discussão acerca das implicações psicológicas do uso de *eco-feedbacks* como instrumento de resposta ao comportamento de utilização de produtos, especificamente em sua fase de uso. Seu recorte toma como estudo de caso, população residente em habitações de interesse social – HIS, usuários de lavadora de roupas automática, da cidade de Campo Magro, região metropolitana de Curitiba – PR.

Estima-se que o uso de *feedbacks* tenha se iniciado no século XVIII juntamente com Revolução Industrial pela necessidade de aferição de recursos, tais como: pressão e temperatura em máquinas movidas a vapor, consumo de energia elétrica e água, bem como níveis de combustíveis em automóveis. Hoje, *feedbacks* analógicos e eletrônicos estão presentes em vários produtos do cotidiano, dentre eles eletrodomésticos (visores e *timers* em fogões, micro-ondas, lavadoras e geladeiras); aparelhos eletrônicos (*smartphones*, televisores inteligentes, *smartwatchs);* aparelhos ligados à aferição de sinais vitais (esfigmomanômetros, termômetros), computadores de bordo em automóveis, dentre tantos outros. Estes *feedbacks* tem o objetivo fornecer informações aos usuários em tempo real, para que os mesmos tomem decisões acerta das ações que realizam nestes produtos.

Neste sentido, compreende-se que os feedbacks tem a intenção de moldar o comportamento dos seus utilizadores. Watson (1878-1958), Pavlov (1849-1936), Thorndike (1874-1949), Skinner (1904-1990), entre outros teóricos do comportamento, publicaram pesquisas realizadas com animais e seres humanos e propuseram teorias sobre o processo de construção do comportamento humano bem como os desdobramentos para ocorrer a mudança de seus hábitos. Mais recentemente, no início dos ano 2000, vários autores têm contribuindo para a construção do conhecimento no que tange a mudança de comportamento e o emprego das tecnologias de *feedback* que tem a intenção de influenciam o comportamento de seus utilizadores para ações mais sustentáveis, o que chamaram de *eco-feedback*. Lockton *et. al.* (2009) propuseram o desenvolvimento de produtos que tinham a intenção de fornecer informações e reações nos usuários, o que chamaram de Design com Intenção. Tang e Bhamra (2008a) contribuíram na percepção de que os utilizadores estão em busca de dados referentes à utilização de seus produtos. Além disso, propuseram várias estratégias tecnológicas para mudança de comportamento que pudessem ser inseridas nos produtos com a finalidade de orientar, manter e/ou assegurar a mudança de comportamento. Froelich (2011), pesquisou a fundo as tecnologias de *eco-feedback* e propôs várias estratégias de linguagem para apresentação de informações em produtos. Daros (2013) pesquisou o comportamento no processo de lavagem de roupas e do consequente uso de recursos como água e energia na população residente em HIS.

Percebeu-se, no entanto, que a aquisição de bens de consumo, em especial a lavadora de roupas, pela população moradora de HIS, tem sensível importância para a construção da identidade e da manutenção social desta população (SKINNER, 1976; JACKSON, 2005; DAROS, 2013; FORCATO, 2014). Porém, as lavadoras de roupas utilizadas por esta população, ou não oferecem *feedbacks* precisos sobre o consumo de recursos (água, energia e insumos) ou quando oferecem não são compreendidos por este público.



Neste sentido, o objetivo deste artigo é apresentar proposta de inserção de *eco-feedback* em lavadora de roupas utilizada por moradoras de HIS que apresentaram inclinação em mudar seus comportamentos de utilização da lavadora mediante informações obtidas pela tecnologia de *feedback* integrada à lavadora. Além disso, busca-se disseminar estes

resultados para que esta tecnologia possa ser utilizada também por outros setores industriais como adendo na busca por soluções mais sustentáveis.

## 2. COMPORTAMENTO HUMANO NO PROCESSO DE CONSUMO

Compreender o que o usuário faz, como ele interage com o produto, serviço ou atividade e quais os fatores que o faz tomar as decisões durante o processo pode gerar uma percepção crítica sobre o consumo desta mesma atividade (TANG e BHAMRA, 2008a). Assim, a concepção do produto e/ou serviço sustentável implica em projetar a experiência, o que determina o hábito e os impactos causados pela tarefa. Para o designer, garantir a ecoeficiência dos produtos e serviços projetados, no entanto, demanda estudos para compreender o usuário, o papel do consumo, o próprio cotidiano deste consumidor (SCOTT *et al*., 2012) e quais são os valores percebidos durante e após a experiência de utilização. Entender como acontece o processo de motivação do consumo também pode oferecer subsídios para possibilitar intervenções no comportamento do usuário. A seguir são apresentadas as principais teorias associadas ao estudo do comportamento do usuário.

## 3. TEORIAS DO BEHAVIORISMO ATÉ A CONTEMPORANEIDADE

O Behaviorismo surgiu no início do século XX, tendo como precursor John B. **Watson** que frequentou a Escola de Psicologia da Universidade de Chicago (MOORE, 2011). Watson difundiu a teoria de que os seres humanos eram determinados somente pelo seu ambiente, ou seja, não havia herança genética. Esta teoria ficou conhecida como **Behaviorismo Clássico**. Para Watson, a Psicologia deveria levar em conta somente os comportamentos objetivos, visíveis e concretos (SCHULTZ e SCHULTZ, 2005).

Segundo Moore (2011), para os analistas do comportamento, o Behaviorismo é a filosofia da ciência subjacente à ciência do comportamento humano. Trata o comportamento como o assunto principal e não faz referência direta a eventos ou processos mentais. Skinner (1976) menciona que o Behaviorismo propõe questionamentos quanto à possibilidade de explicar cada aspecto do comportamento humano, quais métodos devem ser empregados, a validade de seus preceitos e qual o papel que seus resultados desempenham nos assuntos humanos. Em outras palavras, o Behaviorismo estuda todos os fatores que influenciam o comportamento humano, inclusive aqueles que podem levar a mudança comportamental (SKINNER, 1976).

Com o passar do tempo, as teorias sobre o Behaviorismo foram reavaliadas por meio de novos experimentos, o que resultou na sua evolução. As principais teorias que fazem parte do escopo desta ciência são: a Teoria do **"Condicionamento Clássico"** de Ivan **Pavlov**, a **"Lei do Efeito"** de Edward **Thorndike** e o **"Behaviorismo Radical"** de Burrhus Frederic **Skinner** (GIDDENS e TURNER, 1999; SCHULTZ e SCHULTZ, 2005; MOORE, 2011). A tabela 1 compara algumas das principais teorias do Behaviorismo.

**Tabela 1:** Evolução e Teorias do Behaviorismo

| PESQUISADOR | EXPERIMENTO | TEORIA |
|---|---|---|
| **John B. Watson** (1878 – 1958) | Fez experimentos com crianças na primeira idade. Ao colocar animais e objetos na frente de uma criança, percebeu que ela não tinha medo. Ao fazer barulho enquanto apresentava um rato, percebeu que a criança ficou perturbada e passou a ter medo de todas as coisas peludas que lhe foi mostrada. | **Behaviorismo Clássico:** Defende que o comportamento é influenciado apenas pelo ambiente, pelo aprendizado adquirido desde o nascimento e que não há herança genética. |
| **Ivan Pavlov** (1849-1936) | Fez experimentos com as glândulas salivares de cães e percebeu que, no início a salivação acontecia somente quando lhes era oferecido alimento. Posteriormente, os cães começaram a salivar ao verem o pote de comida, ao verem a presença do assistente de Pavlov e mesmo ao ouvirem passos de alguém se aproximando. | **Condicionamento Clássico:** Defende que respostas comportamentais são reflexos incondicionados ou condicionados aprendidos através de situações agradáveis ou desagradáveis, vividas. |
| **Edward Thorndike** (1874 - 1949) | Em seu experimento colocou um gato dentro de uma caixa, na qual, para conseguir sair, deveria puxar uma alavanca. Quando o gato conseguia sair, recebia alimento. A cada vez que o gato era colocado na caixa, mais cedo conseguia sair. | **Lei do Efeito:** Defende que um comportamento que gera satisfação é reforçado a se repetir. Um comportamento que resulta em desconforto tende a desaparecer. |
| **B. F. Skinner** (1904 – 1990) | Utilizou pombos em seu experimento. Ao bicar um botão luminoso, o pombo recebia comida. | **Behaviorismo Radical:** Defende que a construção do comportamento se dá pela relação "ambiente-resposta-estímulo". Skinner defendia que uma ação do indivíduo leva a consequências que, se forem boas (estimulantes), tendem a se repetir em circunstâncias parecidas. |

Fonte: Adaptado de Skinner (1976); Giddens e Turner (1999); Schultz e Schultz (2005); Moore (2011).

É possível observar na tabela que existem pontos em comum entre as teorias Behavioristas. Todas elas concluem que o comportamento é construído por influência das experiências vividas. Soma-se a isto o fato de que as teorias apresentadas corroboram que quando o comportamento gera uma consequência positiva, este tende a se repetir quando nas mesmas circunstâncias, o que leva a construção do hábito. No entanto, quanto ocorre uma consequência negativa ou desagradável, o comportamento tende a se extinguir.

Neste artigo, portanto, conceitua-se "comportamento" como a forma em que o ser humano interage com o mundo através de suas ações. Está relacionado com aspectos internos e externos, tais como: personalidade, cultura, expectativas, sentimentos, papéis sociais e experiências. O comportamento causa consequências e são justamente estas que mantém ou alteram o comportamento (SKINNER, 1976). A repetição de um comportamento em situações parecidas gera um hábito. O "hábito", portanto, pode ser definido como a forma que uma pessoa se comporta ao realizar uma ação repetidas vezes. É a prática cotidiana daquilo que se acostumou a fazer (BUENO, 1992).

## 4. COMPORTAMENTO/HÁBITO DE CONSUMO NA FASE DE UTILIZAÇÃO



Dentre as etapas do ciclo de vida de produtos a etapa de "uso" é que tem seu impacto ambiental afetado de forma mais direta pelo comportamento humano. Um dado produto ou serviço pode ter atributos que possibilitam o consumo mais racional de recursos, mas

alcançar este nível projetado de consumo racional dependerá em muito da adesão do usuário ao comportamento esperado.

Apesar dos usuários possuírem o poder de escolha dos produtos que adquirem, os quais associam a um estilo de vida desejado (SOLOMON, 2011), os hábitos cotidianos do padrão de vida escolhido são realizados muitas vezes de forma inconsciente (JACKSON, 2005). Assim, mesmo que alguns usuários demonstrem certa preocupação com os impactos ambientais recorrentes das atividades domésticas, as suas ações podem não refletir estas preocupações (TANG e BHAMRA, 2008b).

De acordo com Tang e Bhamra (2008a), é crescente a expectativa dos usuários para a obtenção de conforto, comodidade, praticidade e segurança. Estas expectativas vêm influenciando melhorias tecnológicas que visam à redução dos impactos na fase de uso dos produtos. Os novos produtos, principalmente os aparelhos domésticos, estão sendo desenvolvidos com estas melhorias, buscando maior eficiência do consumo, principalmente dos recursos como água e energia. Porém, Tang e Bhamra (2008b) alertam que, mesmo com estas melhorias, os estilos de vida emergentes tem resultado em aumento do consumo destes recursos.

A fase de utilização, principalmente de produtos eletrodomésticos, tem um impacto ambiental significativo com relação a todo o ciclo de vida do produto. E frequente os usuários não estabelecem conexão entre as formas de utilização destes produtos e os problemas ambientais como, por exemplo, as alterações climáticas (TANG e BHAMRA, 2008a). Esta miopia cognitiva do usuário quanto às implicações de seus hábitos e comportamentos ocorre para todas as dimensões da sustentabilidade.

Os impactos ambientais decorrentes da fase de uso não estão ligados tão somente à falta de consciência ambiental, mas podem ser consequência do volume de utilização, da falsa percepção de economia de recursos e da busca por equidade do estilo de vida em relação aos outros usuário, ambos aspectos que podem ser influenciados psicologicamente a atingirem melhores resultados.

Mesmo que diversas campanhas tenham sido e estejam sendo feitas pedindo que os consumidores se comportem de maneira diferente, estes não aderem de forma significativa, sendo que as mudanças que ocorrem são de curta duração. Além disso, inovações tecnologócias que oferecem aos produtos características ecoeficientes estão atingindo resultados pouco expressivos (TANG e BHAMRA, 2008a), pois a venda e uso dos produtos vem aumentando (MONT e PLEPYS, 2008).

De fato, para a maioria das pessoas, é difícil fazer a relação das informações disponibilizadas sobre os impactos ambientais e sociais (positivos e negativos) do consumo destes aparelhos com seu próprio comportamento (TANG e BHAMRA, 2008a; DAROS, 2013). Lockton *et al.* (2009) argumentam que o comportamento humano acaba, por muitas vezes, sendo o elo mais fraco tanto sob o aspecto social quanto na escala de interação individual com os produtos e serviços. Com a implementação de tecnologias nos produtos, estes passaram a oferecer novas funcionalidades ao usuário associadas à elevação do padrão social. Estas melhorias e, em especial, a elevação do estilo de vida, criam a falsa impressão de uso eficiente. Em muitos casos, compra-se um produto dito mais eficiente, mas passa-se a usá-lo de forma mais intensa ou em usos anteriormente inexistentes (LOCKTON *et al.*, 2009).



Como consequência, têm-se o efeito rebote (ou *rebound effect*) do design para a sustentabilidade que é definido como o aumento de consumo provocado pelos ganhos

de eficiência projetados em um produto e/ou serviço (BERKHOUT *et al*., 2000). Um dado produto pode ter características que tornam mais eficiente o uso de recursos naturais, com potencial redução do impacto no meio ambiente. Paradoxalmente, justamente esta maior eficiência torna-se o atrativo central para a ampliação do consumo, seja pela aquisição de mais produtos do que o necessário, seja pelo aumento do consumo na fase de uso.

O comportamento está em mutação frequente, afetado, dentre outros fatores, pela própria interação do usuário com produtos e serviços. Esta complexidade demanda novas abordagens centradas no usuário e uma maior aproximação com métodos de investigação e abordagens da antropologia, sociologia e psicologia de forma a permitir a adequada compreensão dos significados dos comportamentos e hábitos dos usuários (SCOTT *et al.*, 2012).

## 5. FATORES QUE MOTIVAM O COMPORTAMENTO

A teoria do Behaviorismo Radical de Skinner (1976) apresenta algumas características que são particularmente importantes no sentido de entender os fatores que afetam o comportamento. Este é iniciado devido ao desejo do indivíduo em se comportar de alguma maneira, sendo este desejo afetado por fatores intrínsecos ao indivíduo, ou seja, o que o indivíduo sente ou que internamente pode ser observado como a causa do comportamento.

Os principais fatores intrínsecos que influenciam o comportamento, na visão de Skinner (1976) são: **a) sensação de reforço:** na maioria das vezes, o reforço provoca uma boa sensação, o que muitas vezes mantém o interesse do usuário por aquilo que se faz; **b) carências, necessidades, desejos e anseios:** são representados por estados internos ou de posse e, se associados com reforços, acrescenta-se um motivo ou incentivo ao comportamento; **c) ideia e vontade:** estão relacionados com a probabilidade de vir a executar uma ação. A ideia é o que passa pela mente dos indivíduos, e a vontade é um fator de liberdade, onde o indivíduo tem autonomia para escolher como quer agir; **d) propósito e intenção:** estão na mente e no coração do indivíduo. Estes geram consequências que são observadas externamente; **e) estímulos adversativos e punição:** os estímulos adversativos podem ter o efeito de modificar o comportamento por meio de uma reação. A punição não modifica o comportamento, mas estimula a agir de forma diferente.

A teoria de Skinner (1976) não tem foco específico no comportamento voltado à sustentabilidade. Contemporaneamente, observam-se autores que buscam desenvolver teorias comportamentais com este fim específico. Jackson (2005), pesquisador de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Surrey no Reino Unido, realizou uma Revisão de Literatura Sistemática acerca das motivações que levam ao comportamento sustentável. Apresentou alguns valores funcionais e simbólicos que contribuem no processo de motivação do consumo, a saber (JACKSON, 2005): **a) bem-estar:** o consumo ocorre porque determinado produto oferece uma funcionalidade útil para o indivíduo. Por exemplo, um carro mais econômico e mais confortável; **b) necessidades x desejos:** o consumo é motivado pelas necessidades de um indivíduo sendo o modo de obtenção da satisfação destas necessidades afetado pelo desejo. Desejo é associado com fortes impulsos e motivações emocionais e sexuais, sendo orientado aos valores simbólicos associados aos produtos. O desejo pode estar relacionado ao querer adquirir algo, a se parecer com alguém, a se inserir em um determinado grupo; **c) consumo comum e**

**imperceptível:** o consumo comum está relacionado com o que é conveniente, hábitos, práticas e contextos sociais do indivíduo. O consumo imperceptível está ligado com as experiências de consumo diárias, como o consumo de água, energia e telefone[1]. Dependendo do caso também pode ser funcional ou simbólico; **d) identidade:** o consumo está constantemente construindo e reconstruindo a identidade do indivíduo já que o mundo oferece sempre novas alternativas para isso. É um dos elementos simbólicos mais importantes do comportamento de consumo apesar de ser considerado pela psicologia muitas vezes como meramente uma questão funcional; **e) manutenção social:** a aquisição de bens de consumo está ligada não somente com a construção da identidade, mas ao valor simbólico que representa em se tratando de sua contribuição para a manutenção ou ascensão social buscada pelo indivíduo.

Além disso, Jackson (2005) ainda complementa que o indivíduo consome e valoriza **bens de consumo** não somente pela sua funcionalidade, mas pelo que representa para ele mesmo e para os outros. Tem papel simbólico de comunicar o significado pessoal, social e cultural. Um exemplo disso é um carro com suas características alteradas (customizado). Também a **busca por significado** contribui para que o indivíduo encontre um "sentido", para ele mesmo, para os outros e para o ambiente. A aquisição de bens, a realização de desejos, o bem-estar são elementos para a realização dos ideais de um indivíduo.

Froehlich (2011) também menciona o papel intrínseco e extrínseco dos fatores motivacionais no comportamento do consumidor. Para o autor, os principais fatores que motivam os comportamentos de consumo são: **a) sensação de controle:** um indivíduo tem mais chances de obter um comportamento mais sustentável se este acredita nas mudanças que seu próprio comportamento pode causar; **b) dissonância cognitiva:** se a auto percepção que um indivíduo tem sobre sua ação entrar em conflito com os valores que ele ou a sociedade julga correto, isto pode leva-lo a adotar um novo comportamento; **c) emoções:** o medo, a tristeza, a dor, a raiva, a culpa e o arrependimento podem ser bons motivadores do comportamento. Um exemplo clássico são as fotos impressas nas embalagens de cigarro que demonstram doenças irreversíveis causados pela droga; **d) desejos:** a necessidade de aceitação, de aprender, de economizar, de se sentir seguro e de uma posição social são desejos que norteiam quase todo o comportamento humano.

A complexidade da construção dos valores simbólicos associados ao consumo torna o processo de Design orientado ao Comportamento Sustentável uma tarefa igualmente complexa. Jackson (2005) afirma que tentar mudar os padrões de consumo é comparado com tentar alterar os aspectos fundamentais do mundo social, ou mudar a história. Ações orientadas somente ao artefato podem não ser suficientes para promover a mudança de comportamento, demandando alterações culturais de toda uma sociedade.

Dentre os desafios para o Design orientado ao Comportamento Sustentável está mudar a associação direta de que a satisfação de necessidades humanas necessariamente implica em aquisição e posse de produtos. Jackson (2005) comenta que a busca da satisfação através da aquisição de artefatos não atende nem os interesses pessoais nem as necessidades do meio ambiente, pois o consumo real só aumenta e a satisfação real de vida pouco se modifica.



[1] O consumo imperceptível, como de água e energia, não passa tão despercebido como afirma Jackson (2005). Segundo Daros (2013) e Forcato (2014) moradores de habitações de interesse social se preocupam com o custo das contas de água e energia porque isso significa percentuais significativos em sua renda mensal. Percebe-se neste panorama que existe a necessidade de economia nesta expressiva parcela da população sendo que a satisfação poderia ocorrer na diminuição dos custos das faturas de água e energia.

Para Skinner (1976) e Jackson (2005) a aquisição de bens de consumo contribui para a construção da identidade e da manutenção social dos indivíduos. No caso da população de baixa renda em rápida ascensão econômica, foco do presente estudo, a aquisição de bens tem sido associada com equidade social e econômica. Desta forma, um desafio que se têm é como promover a redução da carga material associado à busca da satisfação nesta população e, ao mesmo tempo, atender a demanda por maior equidade social e econômica. Alterar o papel simbólico que os artefatos materiais exercem no consumo às funções psicológicas e vitais do indivíduo é uma oportunidade para mudar os padrões de consumo (JACKSON, 2005).

Importante destacar que algumas barreiras podem agir no sentido de impedir que a mudança de comportamento aconteça. Em geral, a própria ausência de motivação e de reforço positivo pode ser uma barreira para a mudança de comportamento (SKINNER, 1976). Seguindo este raciocínio, se o indivíduo não obtiver reforço sobre suas ações, ou se não houver motivação intrínseca ou extrínseca, dificilmente este adotará um novo comportamento. Logo, os fatores mencionados anteriormente como motivadores podem ser considerados também inibidores de mudanças do comportamento.

Questões como comodismo (DAROS, 2013), receio em adotar um novo tipo de comportamento ou a percepção de estar sendo manipulado (SCOTT *et al.*, 2012) também podem impedir que a mudança de comportamento aconteça.

No que tange o comportamento sustentável, Skinner (1976), Jackson (2005), Manzini e Vezzoli (2005) e Vezzoli (2010), afirmam que o modelo de consumo ortodoxo aumenta a quantidade de problemas relacionados ao meio ambiente e não se traduz a um modelo de consumo sustentável. Pelo contrário, usufrui cada vez mais dos recursos ambientais, sem adequada consideração à resiliência do planeta. Jackson (2005) corrobora afirmando que os consumidores apresentam uma espécie de bloqueio em assumir um padrão de consumo mais sustentável. Para o autor, este bloqueio acontece decorrente de restrições econômicas, barreiras institucionais e governamentais, desigualdades sociais e possibilidades de escolha restrita. Jackson (2005) e Solomon (2011) afirmam que o usuário muitas vezes não consegue entender os limites do consumo, especialmente porque o consumo está ligado aos valores intrínsecos do usuário, como sua identidade, seu *status* social, sua satisfação e ao próprio modelo de consumo. Também são fatores que desmotivam a mudança os próprios hábitos, normas, expectativas sociais e valores culturais que dominam o padrão de consumo dos indivíduos na busca pela satisfação pessoal e social (JACKSON, 2005). Adiciona-se a estes fatores a miopia cognitiva do consumo, apontada por Santos (2010) como a dificuldade do consumidor em perceber o quanto seu consumo contribuiu ou afeta a cadeia de consumo e, esta miopia tende a aumentar, se o impacto do consumo estiver distante no tempo ou espaço.

Outra barreira importante para a mudança de comportamento, na direção do desenvolvimento sustentável, são as políticas governamentais que estimulam o consumo. Estas políticas têm sido justificadas pela manutenção dos empregos e manutenção da ordem social e econômica. A opção por políticas voltadas ao desenvolvimento sustentável envolve necessariamente alterações em mudanças nas métricas de progresso e bem estar de toda a sociedade, o que por si configura-se como uma barreira para sua adoção. Tratar este assunto no âmbito de políticas governamentais envolve reflexão a questões como: o que seria efetivamente suficiente para atender as necessidades do consumidor?; quais seriam as métricas de progresso com foco na felicidade e bem estar?; a realização material pode se equilibrar com a visão de sustentabilidade?; as nações em desenvolvimento teriam o direito de atingir os

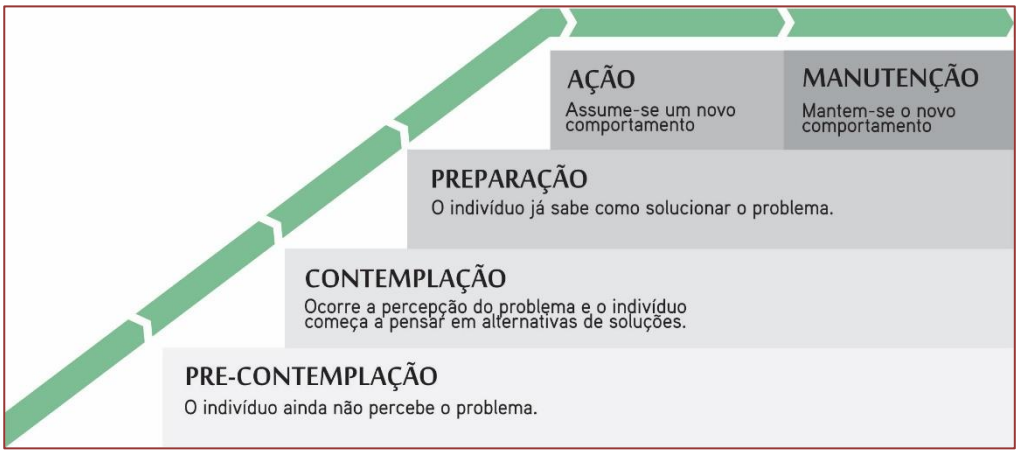
padrões de vida dos países desenvolvidos?; pode-se questionar este direito? (MONT & PLEPYS, 2008).

## 6. MODELOS PARA MUDANÇA DE COMPORTAMENTO

A partir do que foi exposto até aqui, entende-se que o comportamento humano é construído com o decorrer do tempo, tanto a partir de experiências vividas no presente como a partir daquelas aprendidas anteriormente. A efetiva mudança de comportamento é uma tarefa que exige a observação e imersão no comportamento do consumidor de forma contínua dado que sua consolidação e conversão em hábito somente é passível de confirmação a longo prazo. As bases teóricas da Psicologia, Sociologia e Antropologia apresentam modelos conceituais que permitem compreender o processo de mudança do comportamento do consumidor. O papel destes modelos conceituais é auxiliar na compreensão das influências sociais e psicológicas no habitual comportamento dos consumidores e testar as relações dos fatores motivacionais com o comportamento (JACKSON, 2005).

O Modelo para Mudança de Comportamento de Grimley *et al.* (1997), apresenta estágios para a mudança de comportamento fazendo analogia a uma escada. Cada degrau representa um estágio no processo de mudança (Figura 1). De acordo com Grimley *et al.* (1997) o processo de mudança de comportamento avança por estágios que vão modificando aos poucos o comportamento do indivíduo, sendo que no primeiro, o indivíduo passa por uma fase de **pré-contemplação** onde ele não percebe o problema. Em seguida, o indivíduo percebe que existe o problema e começa a pensar em alternativas para solucioná-lo, é o estágio da **contemplação**. No estágio da **preparação** o indivíduo já sabe como solucionar o problema. No estágio seguinte, de **ação**, o indivíduo realiza novas ações com desejo de mudar seu comportamento. E por fim, no estágio de **manutenção**, o indivíduo trabalha para manter o novo comportamento.

**Figura 1:** Estágios de Modelo para Mudança de Comportamento




Fonte: Adaptado de Grimley et *al.* (1997).



Observa-se neste modelo que para influenciar a mudança de comportamento é necessário que o indivíduo perceba ou visualize qual o problema ou consequências que suas ações causam, além de possibilitar que o mesmo pense em alternativas para

corrigir os problemas. Por fim, é necessário um reforço positivo que conduza o usuário a repetir suas ações, contribuindo assim na manutenção do novo comportamento e na criação de um novo hábito.

Esta pesquisa adotou como referência o Modelo de Grimley *et al.* (1997) para trabalhar a mudança comportamental no processo de lavagem de roupas no sentido de estimular o usuário a assumir um consumo mais sustentável nesta tarefa. Este modelo foi escolhido devido a sua divisão em 5 estágios, o que contribui na análise de mudanças sutis de comportamento do usuário.

## 7. *DESIGN* PARA O COMPORTAMENTO SUSTENTÁVEL

### 7.1. CONTEXTO FILOSÓFICO

Mesmo que o contexto filosófico apresente alternativas para se alcançar uma sociedade sustentável, este ideal é muito difícil de ser alcançado (MANZINI e VEZZOLI, 2005). A própria história nos mostra a complexidade em se alcançar um estado de sociedade com plena equidade social, ambiental e econômica. No entanto, seus princípios e conceitos são compartilhados por um volume cada vez maior de pessoas e organizações, o que tem criado novas oportunidades de atuação do Designer na busca desta visão. Löbach (2001) argumenta que os desafios do design sustentável estão justamente na compreensão dos limites e pontos falhos do desenvolvimento sustentável e, desta forma, identificar formas de contribuir através da práxis do designer.

Neste sentido, o comportamento do consumidor é mais sustentável quando este comportamento desempenha de forma positiva um papel social e econômico, particularmente no âmbito local, respeitando os limites de resiliência ambiental do planeta. Assim, segundo Manzini e Vezzoli (2005), para contribuir com o etos da sustentabilidade, as novas propostas do Design devem atender os seguintes requisitos:

- Buscar utilizar ao máximo possível recursos de fontes renováveis (e garantir sua renovação);
- Otimizar o uso dos recursos não-renováveis;
- Não acumular lixo que não possa ser absorvido pela natureza;
- Agir de forma com que cada indivíduo ou comunidade, rica ou pobre, permaneçam e utilizem de seus recursos naturais não renováveis e que possam usufruir disto sem superar os limites da sustentabilidade.

Belz e Peattie (2009) apontam alguns valores presentes em usuários que já assumem posturas sustentáveis como:

- **Simplicidade material:** constitui em consumir em menor quantidade os produtos e/ou serviços e em procurar produtos que utilizam recursos mais eficientes, duráveis e que produzam menor impacto;
- **Escala humana:** tende a utilizar ambientes de trabalho e de vida menores, com mais simplicidade e menos centralizados;
- **Autodeterminação:** apresenta pouca dependência de grandes empresas comerciais ou organizações públicas em influenciar as escolhas para atender as necessidades;

- **Consciência ecológica:** procura proteger o meio ambiente através da redução de resíduos e da conservação de recursos;
- **Crescimento pessoal:** valoriza as experiências desenvolvidas através das habilidades pessoais para a construção da satisfação, ao invés de se utilizar de experiências de consumo oferecidas comercialmente.

Neste contexto, o Design para o Comportamento Sustentável explora como e por que os consumidores assimilam ou não hábitos de consumo alinhados aos conceitos e princípios da sustentabilidade. Investiga também o que os consumidores fazem quando adquirem produtos ou contratam serviços e como estes produtos/serviços podem influenciar os hábitos na direção de posturas mais sustentáveis (BELZ e PEATTIE, 2009). Enquanto no campo do marketing o foco dos estudos tem sido o comportamento do consumidor na fase de aquisição dos produtos (SOLOMON, 2011) o Design para o Comportamento Sustentável enfatiza a fase de utilização.

## 8. O PAPEL DO *DESIGN* NA MUDANÇA DE COMPORTAMENTO

O *Design* Intencional influencia estilos de vida, o surgimento de novas modalidades de negócio, novas formas de interação humana e, até mesmo, novas posturas éticas e políticas. Esta capacidade do designer de influenciar hábitos e comportamentos através de seus produtos tem sido utilizada como instrumento de manutenção da sociedade atual de consumo. Enquanto novas necessidades não são criadas (ex: mobilidade), as soluções de Design tem contribuído para fomentar a criação de novos desejos (ex: aquisição do lançamento de determinado veículo). De fato, os *designers* convencionalmente atuam fortemente no sentido de promover o consumismo, interferindo, planejando, influenciando e moldando a forma como ocorre o consumo (TANG e BHAMRA, 2008b).

Uma das formas de interferir nos padrões de consumo é influenciar o comportamento dos usuários durante a interação com os produtos e serviço (PAPANEK, 1977). Lockton *et al.* (2009) corroboram que o designer apresenta o desafiante papel de projetar com a intenção de afetar o modo com as pessoas utilizam e interagem com os produtos e serviços. Desta forma, sob o ponto de vista da sustentabilidade entende-se que esta competência de influenciar comportamentos, já presente no campo do Design, pode e necessita ser utilizada com o propósito de induzir/auxiliar a adoção de padrões de consumo mais sustentáveis. No âmbito dos artefatos o designer pode influenciar o comportamento, por exemplo, utilizando-se do mesmo arcabouço teórico associado ao desenvolvimento das funções práticas, estéticas e simbólicas utilizadas na concepção de produtos industriais. Estas funções são descritas por Löbach (2001) como:

- **Função prática:** é a relação física e/ou fisiológica do produto com o usuário, ou seja, a função prática deve satisfazer as necessidades físicas mediantes o seu uso;
- **Função estética:** é a relação entre um produto e seu usuário por meio de processos sensoriais e psicológicos durante o uso;
- **Função simbólica:** "um objeto tem função simbólica quando a espiritualidade do homem é estimulada pela percepção deste objeto, ao estabelecer ligações com suas experiências e sensações anteriores" (LÖBACH, 2001, p. 64). É determinada pelos aspectos intrínsecos ao usuário, ou seja, psíquicos e sociais do uso.

Considerando que o valor simbólico associado ao produto tem um grande potencial de contribuir na mudança de comportamento, o designer tem o papel de projetar soluções que utilizem destes valores simbólicos para induzir o usuário a assumir novos comportamentos, seja de forma ativa ou passiva. A intervenção pode envolver a mudança dos significados e signos associados a um dado artefato. Com efeito, estas modalidades de soluções somente têm potencial de influenciar o usuário se forem projetadas para atuar na fase de utilização dos produtos.

A fase de utilização dos produtos tem recebido relativamente pouca atenção pela comunidade de pesquisadores no âmbito do Design para a Sustentabilidade, a qual tem orientado as investigações para todo o ciclo de vida. Contudo esta fase tem um grande potencial para reduzir o impacto ambiental decorrente do consumo, principalmente em produtos como eletrodomésticos (TANG e BHAMRA, 2008b).

Felizmente já são conhecidas estratégias projetuais que permitam instrumentalizar o Design para o Comportamento Sustentável (LILLEY e LOFTHOUSE, 2009a). O resultado do uso destas estratégias pode conduzir o desenvolvimento de soluções de design que, durante a fase de utilização, empreguem recursos como água e energia de forma mais racional, seja com a participação direta ou não do usuário.

## 9. VISÃO GERAL DAS ESTRATÉGIAS DE DESIGN PARA O COMPORTAMENTO SUSTENTÁVEL

Blevis (2007) *apud* Lockton *et al.* (2009) expõe que pode ser mais fácil indicar quais os tipos de comportamentos se busca alcançar visando a sustentabilidade do que explicar como os comportamentos podem ser alterados ou motivados para que o usuário busque a sustentabilidade. Logo, não se sabe até que ponto as intervenções no comportamento podem afetar a vida dos consumidores no que tange a aceitação, a utilização e a redução do consumo efetiva, sendo que estas intervenções podem gerar efeitos colaterais com o poder de impactar toda uma sociedade, a própria economia e ainda o meio ambiente. Assim, procura-se compreender quais os níveis de intervenção possíveis para que se alcance a mudança de comportamento, sem agressão ao sistema como um todo ou parte dele.

Foi constatado por pesquisas de diversos autores (TANG e BHAMRA, 2008b; LILLEY e LOFTHOUSE, 2009a; DAROS, 2013) que as intervenções de design para o comportamento sustentável podem se constituir desde influências moderadas nas atitudes do usuário frente a utilização dos produtos e/ou serviços até no estímulo à adoção de tecnologias de última geração que imponham comportamentos de consumo mais racionais. Tang e Bhamra (2008b) afirmam que para que a mudança seja realmente efetivada em longo prazo, recompensas e incentivos devem ser disponibilizados para estimular a mudança, o que inibirá atitudes negligentes com relação ao consumo. Estas recompensas, obviamente, deverão ser adotadas de acordo com cada projeto, produto ou serviço de modo que demonstre ao usuário que os resultados da mudança na fase de uso são verdadeiramente positivos e que os benefícios cooperam com todas as dimensões da sustentabilidade. Os estímulos à mudança estão ligados ainda a intervenções que remetam a alertas, prejuízos, *feedbacks*, direcionamentos e tecnologias persuasivas que possam contribuir para a mudança (TANG e BHAMRA, 2008b).



Tang e Bhamra (2008b) propõe um total de sete estratégias de Design para o Comportamento Sustentável, distribuída nos três níveis propostos por Lilley (2009). Estes níveis de intervenções podem influenciar o comportamento do consumidor por meio do produto ou o uso do *eco-feedback* que está relacionado a estratégia de fornecer

informações sobre o comportamento atual do usuário e orientações para a mudança; do direcionamento do comportamento que se liga à estratégia de buscar manter a mudança; e da tecnologia persuasiva que está ligada a estratégia de assegurar a mudança (LILLEY, 2009) (Figura 2).

**Figura 2:** Modelo de *design* para o comportamento sustentável

Fonte: adaptado de Tang e Bhamra (2008b); Daros (2013).

É possível identificar semelhanças entre o modelo de Lilley (2009) para as categorias de estratégias de Design para o Comportamento Sustentável e as teorias de Mudança do Comportamento apresentadas anteriormente. A título de exemplo, no modelo de Grimley *et al.* (1997) foi apresentado que os primeiros estágios da mudança comportamental são pré-contemplação e contemplação. Estes estágios exigem que ocorra a percepção do consumo e das consequências do mesmo, podendo ainda orientar e fazer o indivíduo entender que é necessária a mudança. Neste sentido, as estratégias de intervenção pertencentes ao nível que orienta a mudança (eco-informação, eco-escolha e *eco-feedback*) estão mais propensas a contribuir para iniciar o processo de transição do comportamento. Isto porque o nível que orienta a mudança propõe intervenções que informam o usuário e o educam com relação ao seu comportamento. Através destas intervenções, em especial do *eco-feedback*, vislumbra-se a possibilidade de alteração dos hábitos rotineiros dos usuários por meio da informação e orientação, deixando claro para o usuário a situação real e alternativas para ações mais sustentáveis no futuro (figura 3). O *eco-feedback*, portanto, destaca-se entre as intervenções que orientam a mudança por tornar visível o comportamento do usuário, possibilitar a tangibilização do consumo e orientação para ações mais sustentáveis, apresentando assim, um maior potencial para reeducação do usuário.

**Figura 3:** Relação entre Estágio para Mudança de Comportamento e Modelo de Design para o Comportamento Sustentável

Fonte: Grimley et *al.* (1997); Tang e Bhamra (2008b).

Neste artigo, não serão abordadas todas as intervenções propostas por Tang e Bhamra (2008b). Tratando-se do recorte temático proposto no objetivo deste artigo, aqui será apresentado apenas a intervenção do *eco-feedback* que se enquadra no nível de orientar a mudança.

Dito isto, o ***eco-feedback*** consiste em orientar o usuário à realizar ações com responsabilidade ambiental e social. Tem por objetivo informar claramente o que o usuário está fazendo e ao mesmo tempo ajuda-lo a optar por ações ambientalmente e socialmente mais responsáveis oferecendo *feedbacks* em tempo real. Tangibiliza o consumo por meio de sinais visuais, táteis e auditivos expostos por algum tipo de mensagem, por exemplo (TANG e BHAMRA, 2008b).

Na figura 4, ilustra-se um exemplo de utilização do eco-feedback. Trata-se de um medidor desenvolvido por Young-Suk que pode ser conectado à torneira oferecendo informações sobre o volume do consumo da água e temperatura (YANKO DESIGN, 2011).

**Figura 4:** Exemplo de *eco-feedback*

Fonte: Yanko Design (2011).

As estratégias de intervenções de design apresentadas influenciam o comportamento seja de forma voluntária ou impõe a mudança de forma coercitiva (TANG e BHAMRA, 2008b). Exemplificando, por um lado a eco-informação transforma o consumo em um elemento visível, compreensível e acessível, o que pode fazer os consumidores refletirem sobre o uso dos recursos e inspirar-se para tomar a decisão mais ecoeficiente. Do lado oposto de intervenção estaria a eco-tecnologia que restringe os hábitos de uso existentes e manipula automaticamente o comportamento do usuário (LILLEY e LOFTHOUSE, 2009a).

Segundo Lilley e Lofthouse (2009a), as intervenções de eco-tecnologia são potencialmente eficazes, pois oferecem métodos mais confiáveis e replicáveis o que pode garantir um comportamento mais sustentável e induzir à mudança. No entanto, como estratégia persuasiva, podem ser problemáticas socialmente, pois restringem a escolha, muito embora sejam mais eficazes do que as intervenções de nível informativo/educativo. Ao retirar a tomada de decisão do usuário para garantir uma ação mais sustentável, retira-se também o *feedback* de causa e efeito. Sem isto, é mais difícil aprender e adaptar o próprio comportamento e aprimorar o Design do produto (LILLEY & LOFTHOUSE, 2009a).

Neste sentido, o aspecto tecnológico se apresenta como uma alternativa à mudança comportamental e à sustentabilidade, podendo ser eficaz na implementação de políticas públicas, produtos e serviços ecoeficientes, sistemas produto-serviço, destacando-se também o papel dos indivíduos e seus estilos de vida voltados ao consumo suficiente (DAROS, 2013).

Por outro lado, quando o foco está nas intervenções de caráter informativo, estudos e testes realizados por Lilley (2009) obtiveram a conclusão que as intervenções de sensibilização, chamando a atenção para um comportamento problemático eram vistas como mais aceitáveis e eficazes. Estas intervenções tem a intenção de incentivar a mudança de comportamento, sem reduzir a capacidade do usuário em escolher a forma de interagir com o produto (LILLEY, 2009). Corroborando estas afirmações, no estudo de Daros (2013) realizado com moradores de habitações de interesse social, concluiu-se que as intervenções deveriam tornar os recursos e resíduos visíveis para o usuário, fornecendo *feedback* em tempo real, conectando a ação com a consequência e utilizando mais o reforço positivo do que o negativo (DAROS, 2013).

## 10. *ECO-FEEDBACK* COMO ESTRATÉGIA PARA A MUDANÇA COMPORTAMENTAL

*Eco-feedback,* portanto, são dispositivos integrados aos produtos que tornam tangíveis as informações de consumo decorrentes do uso, e concomitantemente, oferece opções de ações mais sustentáveis por meio de resposta às ações em tempo real. Munido de tais informações o usuário pode tomar decisões acerca da utilização racional, o que acarreta em eventuais mudanças em seus padrões de comportamento. O *eco-feedback* utiliza de soluções de interface com sinais visuais, táteis e auditivos (TANG e BHAMRA, 2008b), e usualmente é implementado por elementos visuais por meio de informações impressas ou em *prompts* de celulares, monitores ou visualizações *on-line* (FROEHLICH *et al.*, 2010).

No campo do design de interfaces o *eco-feedback* é estudado como um subsídio para tentar medir e estimular a mudança de comportamento (FROEHLICH *et al*., 2010). A integração de *eco-feedback* na interface de artefatos se baseia na hipótese de que grande parte das pessoas não compreendem e não tem consciência de que seus hábitos rotineiros, como ir de carro ao trabalho e tomar banho prolongado, por exemplo, afetam e causam impacto ao meio ambiente (TANG e BHAMRA, 2008b; LILLEY e LOFTHOUSE, 2009b; FROEHLICH *et al.*, 2010).

### 10.1. IMPLICAÇÕES DO *ECO-FEEDBACK* NO COMPORTAMENTO

Atualmente, os meios mais utilizados para promover a mudança de comportamento acontecem através da informação por meio de campanhas de mídia, panfletos e internet. Supõe-se que ao adquirirem a informação, as pessoas passam a se comportar de forma mais consciente (FROEHLICH *et al.*, 2010). No entanto, Tang e Bhamra (2008b) argumentam que existe uma lacuna entre a consciência ambiental e a ação real, o que requer estudos mais aprofundados para a compreensão deste problema. Contudo, Normam (2007) e Brewer e Stern (2005) *apud* Froehlich *et al.* (2010) afirmam que para aumentar o potencial de absorção da informação esta deve ser de fácil compreensão, inspirar confiança, atrair a atenção e estar o mais próximo do tempo e local da ação. Jackson (2005) e Froehlich (2010) corroboram esta afirmação ao postular que as informações devam ser fornecidas para os usuários de forma clara, acessível e confiável.

Neste sentido, as implicações que permeiam o uso do *eco-feedback* incluem a possibilidade de se obter reações adversas, não esperadas quando da concepção de uma dada solução. Dentre as implicações negativas tem-se a incompreensão dos dados do *feedback*, ou seja, impossibilidade de leitura; leitura difícil e/ou confusa; a falta de interesse pela informação se esta for mal compreendida; a utilização errada provocando

maior impacto ambiental e econômico; a escolha de outras estratégias para realização da atividade. Entende-se como implicações positivas do *eco-feedback* a redução do consumo de recursos; a redução dos gastos com pagamento destes recursos; as melhorias na qualidade de vida; o aumento do tempo disponível para outras atividades; a própria mudança comportamental no que tange a atividade.

A construção das relações de causa e efeito entre *eco-feedback* e comportamento/hábito ainda carece de pesquisas mais profundas, incluindo a avaliação das possíveis consequências negativas. De qualquer forma, é senso comum que o fornecimento de informações sobre o consumo é condição básica para que a ampliação da consciência ambiental das pessoas, instrumentalizando as mesmas a determinar ações e decisões voltadas à sustentabilidade (TANG e BHAMRA, 2008b).

Acredita-se que este tipo de intervenção na lavadora de roupas possa atuar de forma efetiva em aspectos intrínsecos e extrínsecos do comportamento do usuário de baixa renda. Intrínsecos no sentido de não afetar a satisfação de vida atual, um dos fatores preponderante na população de baixa renda enquanto manutenção social. Extrínsecos na possibilidade de realizar a atividade de forma satisfatória, porém, com a possibilidade de economia de recursos o que reflete nos custos de água e energia, por exemplo. Além disso, espera-se que as características e possibilidades do *eco-feedback* possam atuar de forma educativa no usuário de baixa renda, resultando na mudança de comportamento.

## 11. MÉTODO DE PESQUISA

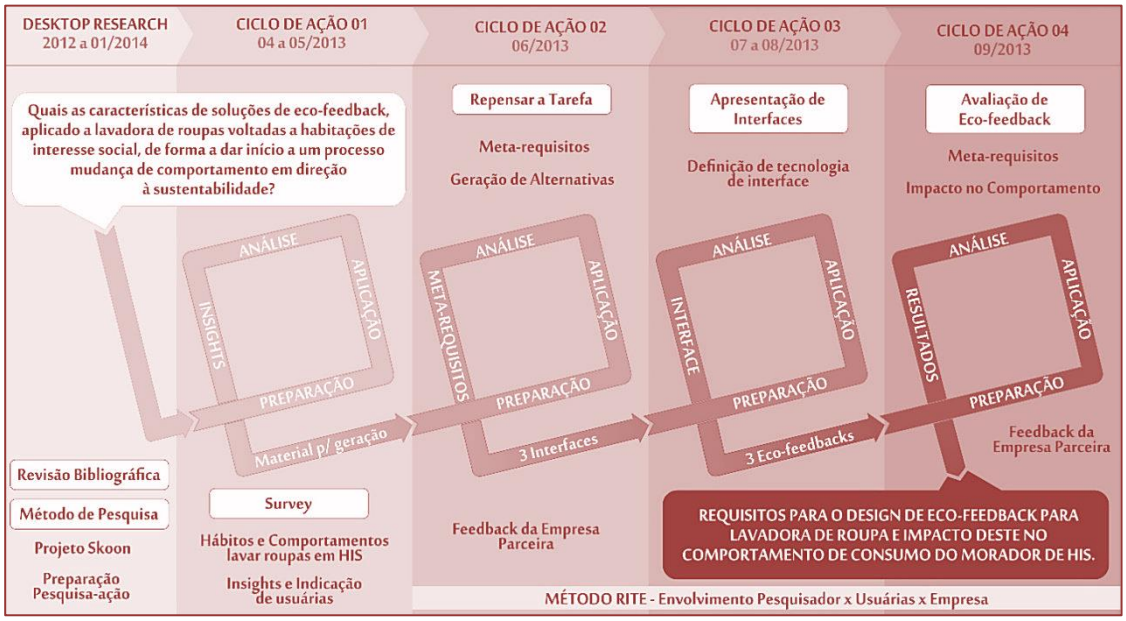
Tendo em vista o caráter exploratório e aplicado da pesquisa, utilizou-se como Método a **Pesquisa-ação**. Segundo Thiollent (2002), a Pesquisa-ação é concebida e realizada tendo como principal característica o forte envolvimento de ações que direcionam a resultados preferencialmente coletivos e possui envolvimento colaborativo entre o pesquisador e participantes que representam a população alvo e o problema pesquisados. Para o autor, neste tipo de pesquisa a realidade observada não é única, já que "o observador e seus instrumentos desempenham papel ativo na coleta, análise e interpretação dos dados". Na Pesquisa-ação, existe uma intensa relação entre a pesquisa e a ação, e mesmo que haja um protocolo de coleta de dados, o curso das ações vai sendo adaptados e determinados pelos resultados da ação anterior. Soma-se a isso, neste tipo de pesquisa há também uma ampla interação entre pesquisador e pesquisado, o que vai definindo os rumos da pesquisa (THIOLLENT, 2002).

Uma estruturação da Pesquisa-ação foi realizada para garantir organização instrumental e de análise durante a coleta de dados. Isto reforça a natureza exploratória da pesquisa. Para isso, apoiou-se na Teoria de Aprendizagem Experiencial de David A. Kolb de 1970. Segundo Kolb (1978), a Aprendizagem Experiencial preconiza que um pesquisador aprenda por meio da descoberta e experiência. A teoria é representada por um processo cíclico que possui quatro estágios.

O primeiro estágio se refere à "experiência concreta", ou seja, as atividades que o pesquisador deve fazer. O segundo estágio é a "observação reflexiva" que se refere a realizar a tarefa propriamente dita seguido da reflexão e análise do que já foi realizado. O terceiro estágio é nomeado como "resumo conceitual" onde a interpretação dos eventos e a compreensão da relação entre eles fazem sentido para o pesquisador. O último estágio, "experimentação ativa" se refere a colocar o conhecimento obtido em prática e em benefício do planejamento dos passos seguintes (KOLB, 1978).

Neste sentido, compreenderam-se duas grandes fases como estratégia para desenvolvimento desta pesquisa. Na primeira fase realizou-se a Revisão de Literatura e na segunda fase a Pesquisa Ação propriamente dita. A figura 5 ilustra uma visão abrangente da estratégia de desenvolvimento da pesquisa.

**Figura 5:** Visão Geral da Estratégia de Desenvolvimento da Pesquisa




Compreendendo as próximas etapas, pertinentes à Pesquisa-ação foram realizados quatro Ciclos de Ação. Em cada um destes Ciclos realizou-se as etapas de planejamento, preparação, implementação, análise/validação e definição da ação do ciclo seguinte, tomando como base a Teoria da Aprendizagem Experiencial de Kolb. Os Ciclos de Ação 02 a 04 utilizaram como estrutura referencial o Método RITE. O Método RITE, segundo Medlock *et al.* (2002), é um teste de interação rápido e dinâmico, muito parecido com um tradicional teste de usabilidade. Este método permite que mudanças sejam realizadas muito rapidamente na interface com o usuário. A realização do método RITE deve considerar (MEDLOCK *et al.*, 2002):

- A definição de uma população ou usuário alvo;
- Agendamento com os participantes;
- A definição de um espaço para a realização da atividade;
- Definição de como o comportamento dos usuários será medido;
- Construir um *script* de teste;
- Fazer com que os participantes se envolvam com o produto através da verbalização, por exemplo, do que estão pensando, ou em resposta ao *script*.

Este método admite um número pequeno de participantes dado que enfatiza aspectos gerais da população alvo, desde que a amostra tenha sido selecionada com parâmetros gerais desta população alvo. Sua vantagem é possibilitar a evolução do produto a partir de sucessivos testes e opiniões dos usuários, o que permite readequações pequenas e de baixo custo na interface (MEDLOCK *et al.*, 2002). Este método foi escolhido por permitir que o desenvolvimento e pré-teste do *eco-feedback* aconteça de forma dinâmica fazendo com que representantes do público alvo opinem e indiquem melhorias durante o processo de forma a fortalecer a pesquisa.

O **Ciclo de Ação 01** consistiu da aplicação de uma *Survey*. Realizou-se a *survey* com o objetivo de caracterizar a população moradora de habitação de interesse social quanto aos seus hábitos associados à atividade de lavar roupas, obter dados demográfico das famílias bem como a percepção sobre o processo de lavagem de roupas e sua influência no consumo de água e energia. Seu protocolo de coleta de dados integrou, portanto, questões específicas pertinentes ao público de baixa renda e à tarefa investigada. Foram abordadas 20% do total de famílias de um conjunto habitacional da cidade de Campo Magro, região metropolitana de Curitiba. Os dados da *survey* direcionaram a pesquisa para a obtenção dos parâmetros iniciais para o design do *eco-feedback* na lavadora de roupas e para a escolha das usuárias que participariam das etapas seguintes.

O **Ciclo de Ação 02** (repensar a tarefa) teve o objetivo de identificar a sequência de atividades resultante da prática habitual de lavar roupas e coletar sugestões das próprias usuárias sobre possíveis inovações ou modificações na atividade. Os dados foram coletados por meio de cartões que ilustravam a atividade de lavar roupas de forma fragmentada onde eram adicionados papéis adesivos com as sugestões das usuárias. Esta fase resultou na confirmação e identificação de interesses das usuárias para melhorias na interface lavadora-usuária, o que proveu à pesquisa um leque de possibilidades de integração de informações no *eco-feedback*. Gerou-se assim, parâmetros para o desenvolvimento de várias alternativas de interface com *eco-feedback*, sendo selecionadas pelos pesquisadores quais tecnologias seriam propostas e quais as alternativas eram consideradas mais completas no que tange a informação do consumo para a apresentação às usuárias.

O **Ciclo de Ação 03** (alternativas de *eco-feedback)* ocorreu com a apresentação de três alternativas de interface com *eco-feedback* com o objetivo de visualizar e verificar se as informações dos *eco-feedbacks* estavam claramente dispostas nas interface. Além disso, puderam indicar aquela alternativa que melhor fazia a comunicação das informações às usuárias. Este ciclo de ação proporcionou a possibilidade de entender o que as usuárias achavam importante neste retorno da informação o que possibilitou o desenvolvimento de três modelos de interface com *eco-feedback* para avaliação no ciclo de ação seguinte.

O **Ciclo de Ação 04** (avaliação do *eco-feedback)* consistiu em identificar e confirmar requisitos para o projeto de *eco-feedback* e avaliar se a simulação de uso da intervenção poderia inclinar as usuárias à obter um comportamento mais racional em situações reais de uso. Os resultados deste ciclo, obtidos por meio de um pré-teste de interação, evoluíram para a proposição de requisitos projetuais para o design de *eco-feedback* na

interface da lavadora de roupas e na conclusão de como esta estratégia pode interferir no comportamento de consumo na população de baixa renda.

O resultados dos ciclos de ação 01, 02 e 03 não serão apresentados neste artigo mantendo o foco inicial de apresentar as possibilidades do *eco-feedback* em induzir a uma mudança de comportamento em usuários de lavadora de roupas moradores de habitação de interesse social. A seção seguinte discrimina como foi instrumentalizada a avaliação de uma proposição de *eco-feedback* em lavadora de roupas automática, bem como os resultados e análises obtidas por este ciclo de ação.

## 12. CICLO DE AÇÃO 04: AVALIAÇÃO DO *ECO-FEEDBACK*

### a) Etapa 01: Planejamento e preparação

O objetivo deste ciclo de ação foi entender se a percepção sobre o consumo exibido em um processo de simulação do *eco-feedback* incitou os usuários a refletirem sobre o comportamento de utilização e consumo (estágio de contemplação).

Como etapa de planejamento deste ciclo, foi desenvolvido um *script* de simulação do processo de lavagem de roupas. O tipo de lavagem deste processo foi o referente à lavagem de roupas brancas muito sujas, pois no manual da lavadora havia informações mais completas sobre este processo e seu consumo. Este protocolo foi adaptado para cartões (Figura 6) que conduziram o usuário em 28 ações durante a experiência.

**Figura 6:** Cartões com as ações a serem cumpridas pelas usuárias

Fonte: SKOON (2013).

O desenvolvimento de modelos de *eco-feedback* apoiou-se em três tipologias de *eco-feedback.* Este desenvolvimento contemplou o desenho de várias telas do *display* com informações referentes àquelas ações constantes do *script* de simulação do processo de lavagem de roupas. Isto resultou em 13 telas que apresentam a sequência de interação com o *eco-feedback* e são utilizadas como mecanismo de resposta para as ações.

Um total de três modelos de *eco-feedback* foram criados. Cada modelo adotou uma tipologia de apresentação das informações. A figura 7, ilustra uma comparação entre estas tipologias de *eco-feedback*.

**Figura 7**: *Layouts* 1, 2 e 3 das telas com informações da lavagem

A carenagem de uma lavadora foi adaptada utilizar um *smartphone* que simularia uma tela de *display*, conforme Figura 8.

**Figura 8:** Carenagem do painel de controle adaptado para funcionamento do *eco-feedback*

Fonte: SKOON (2013).

A atividade foi instrumentalizada ainda por cartões que sinalizaram qual das 28 ações as usuárias deveriam realizar seguindo a sequência do roteiro. Os cartões eram entregues um a um pelo pesquisador, para que houvesse a possibilidade de fazer questionamentos sobre a compreensão da informação do *eco-feedback* no intervalo entre cada ação. Foram utilizados, portanto, como instrumentos deste ciclo de ação: câmera fotográfica, filmadora, gravador de áudio, material de anotação, *Script* de Simulação do Processo de Lavagem de Roupas, conjunto de Cartões com cada Ação do Script, um *smartphone* e um *mockup* de painel de controle de lavadora.

### b) Etapa 02: Aplicação

A etapa de aplicação objetivou avaliar qual o formato de informação do *eco-feedback* era mais adequado ao perfil do público de baixa renda, além de identificar como o *eco-feedback* pôde contribuir para iniciar um processo de transição de comportamento no morador de baixa renda no que tange atividade de lavar roupas.

As usuárias 01 e 02 foram convidadas a simular a atividade de lavar roupas utilizando os cartões e o *mockup* da lavadora, confeccionado a partir da carenagem da máquina de lavar (figura 9).

**Figura 9:** Interface da lavadora adaptada para avaliação do *eco-feedback* (*mockup*)

FONTE: SKOON (2013)

No primeiro momento, as usuárias fizeram o reconhecimento do painel da lavadora adaptado (*mockup*) com o *layout* de tela 1. Em seguida, os cartões com as ações foram entregues às usuárias, um a um. Nestes, haviam as ações relacionadas a um processo de lavagem de roupa branca, muito suja. A cada cartão disponibilizado às usuárias, a ação era simulada no *mockup* da lavadora, ao mesmo tempo em que falavam em voz alta o que estavam fazendo e pensando. O cartão seguinte somente era disponibilizado após a execução da atividade sugerida no cartão. Ainda, para cada ação, um dos pesquisadores atualizava as informações disponibilizadas no *display* por meio do *smartphone*.

**Figura 10:** Usuárias que participaram da atividade

Fonte: SKOON (2013).

A cada cartão entregue à usuária, uma ação era solicitada. Por exemplo, ao ler o cartão com a mensagem "Escolher nível de água adequado" (Cartão 5), a usuária executava a ação acionando o botão correto no painel da lavadora. O *display*, portanto, era atualizado mostrando que a ação havia sido realizada e informando o *feedback* resultante daquela ação (quantidade de 157 litros de água, no caso do cartão 5). A cada atualização do *display*, os pesquisadores faziam questionamentos para estimular a usuária a visualizar e entender os *feedbacks*.

Repetiu-se a leitura de todos os 28 cartões para a demonstração dos *layouts* 2 e 3, respectivamente, o que contribuiu para a identificação do modelo de *layout* que melhor comunicava as informações do *eco-feedback*.

Ao final da atividade, as usuárias foram questionadas sobre o entendimento das informações disponíveis no *eco-feedback* e se conseguiam lembrar-se do consumo de água, energia e tempo do processo realizado. Também foi explorado se elas conseguiram entender os históricos de consumo apresentados ao final do processo. Procurou-se saber ainda qual o impacto das informações de utilização no comportamento de consumo das usuárias.

#### c) Etapa 03: Análise e procedimento de avaliação dos *layouts*

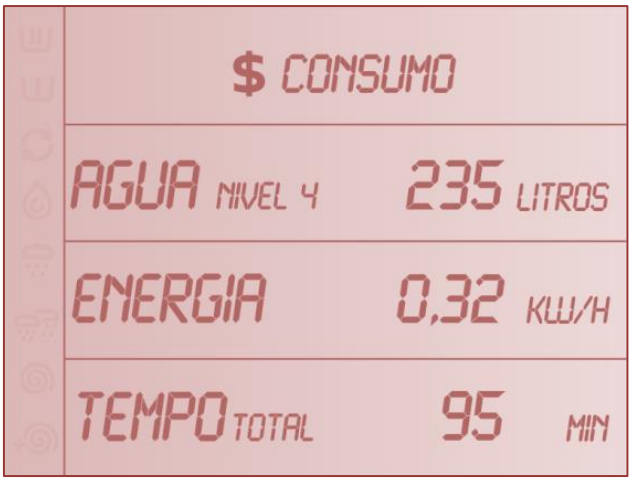
A atividade foi realizada com a Usuária 01 e Usuária 02, em suas respectivas moradias. A primeira ação solicitada a elas foi fazer uma observação visual do painel da lavadora no *mockup* para que pudessem identificar onde estava cada função oferecida pela lavadora. Após isto, as usuárias foram esclarecidas de que receberiam em mãos cartões que deveriam ser lidos em voz alta e que indicariam quais ações seriam simuladas no *mockup*. As usuárias deveriam ainda comentar o que estavam pensando em voz alta.

Na residência da usuária 01, a execução das ações dos cartões nos três *layouts* ocorreu em 33 minutos. Tudo ocorreu de forma tranquila e sem imprevistos. A usuária conseguiu realizar todas as atividades sem dificuldades. Julga-se que o tempo de execução dos testes de interação tenha sido satisfatório, já que a simulação exigiu das usuárias uma exploração inicial do *eco-feedback* e interface para aprender a interpretá-los. Incluem-se neste tempo os questionamentos realizados pelos pesquisadores.

Na residência da usuária 02, o tempo para a realização de toda a atividade, ou seja, simular as ações dos 28 cartões para os três *layouts* de *display*, foi de 23 minutos. A usuária não utiliza lavadora automática, o que resultou em um maior tempo para a identificação das opções no painel, mas ela conseguiu realizar todas as ações sem grandes dificuldades.

Na simulação com o primeiro *eco-feedback*, as usuárias se depararam com uma tela com informações disponíveis em preto e fundo cinza, com tipologia LCD (*Liquid Crystal Display* – a mesma utilizada em visor de calculadora) (Figura 11). Elas conseguiram entender as informações disponíveis na tela e conseguiram consultar todas as informações requeridas. Em alguns momentos apertavam os botões errados, sendo assim advertidas pelos pesquisadores.

**Figura 11:** Configuração do *eco-feedback* 1 (tela consumo final)



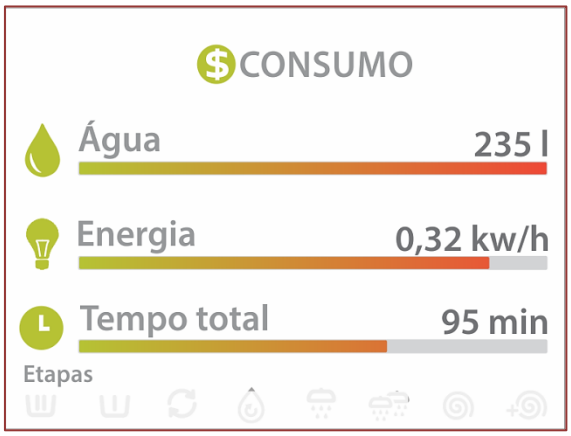

Fonte: SKOON (2013).

A usuária 01 obteve os seguintes equívocos: mesmo fazendo a observação do painel, a usuária ficou procurando um botão para girar ao selecionar o volume de água, porém, conseguiu identificar os botões de seleção sem a ajuda dos pesquisadores; ao acionar a função "enxágue duplo", não percebeu modificações no consumo de energia; demorou para encontrar o botão "avançar etapas"; confundiu o botão "consumo" com o "histórico de consumo"; e não havia entendido as abreviações utilizadas no layout como "ps" (pouco sujo), "s" (sujo) e "ms" (muito sujo). Os pesquisadores avaliaram estes erros como falta de atenção, pois a usuária fazia a leitura de forma bastante rápida. No entanto, Löbach (2001) menciona que muitas vezes erros de interação são consequências de erros de design. A usuária reportou que gostou da visualização do consumo e mencionou que sem o eco-feedback, teria que acompanhar diretamente nos medidores de água e energia. Ambas as usuárias conseguiram ler e entender os níveis e diferenças de consumo apresentados no histórico de consumo, ao final da simulação.

Já a usuária 02 não soube como escolher o programa de lavagem de forma rápida, mas encontrou sem a ajuda dos pesquisadores. Ainda, ao ser requisitado o acionamento da função "enxágue duplo", a usuária não percebeu a alteração do consumo; e disse que não sabia ler a abreviação Kw/h, mas foi esclarecida pelos pesquisadores sobre o que significava. Para os pesquisadores, estes erros aconteceram porque a usuária não mantinha contato frequente com a lavadora de roupas automática e porque foi o primeiro contato com o *eco-feedback*. Outro motivo pode ser a complexidade da tipologia adotada.

Repedindo todo **o** processo de simulação para o *eco-feedback* 2, foi evidente a redução do número de erros em comparação à primeira simulação. Utilizando um *layout* com padrões mais legíveis, este apresentou fundo branco e letras em cinza (Figura 12). Havia ícones que simbolizavam água, energia, tempo, programa e etapas de lavagem e consumo. Foi utilizada uma tipologia sem serifa. Foi adotada a cor verde como padrão visual para os ícones e barras de consumo, no entanto, as barras possuíam uma gradação de cores que iniciava em verde e terminava em vermelho, indicando que o consumo aumenta à medida que o vermelho fica mais intenso.

**Figura 12:** Configuração do *layout* 2 (tela consumo final)




Fonte: SKOON (2013).

A usuária 01 durante a segunda simulação, reduziu bastante o seu número de erros, cometendo apenas 1 equívoco ao confundir novamente o botão "consumo" com o botão "histórico de consumo". Esta usuária também fez comentários com relação à cor dizendo que foi mais fácil de compreender; que o histórico de consumo está mais rápido de ler; e que todas as telas deste *layout* apresentam informações mais claras, se comparado com a primeira simulação.

A usuária 02, obteve apenas 2 equívocos durante a simulação do processo, sendo um deles a escolha do nível 3 de roupa, sendo que o correto seria o nível 4; e a letra "l" que abrevia a palavra "litro" a deixou confusa, pois para ela parecia o número "1". Ao final desta simulação, ela destacou que gostou do uso das cores e que da forma apresentada ficou mais claro o maior e o menor consumo.

Na terceira e última simulação, o *eco-feedback* teve fundo preto e letras em cinza claro (Figura 13). A tipologia também foi composta por uma fonte sem serifa. Os ícones estavam representados na cor verde e cinza claro. As informações eram apresentadas em quadros e números. Não houve erros ou equívocos na simulação. Acredita-se que isto ocorreu porque foi utilizado o mesmo *Script* de simulação da tarefa para os três *layouts*, tornando conhecidas as ações.

**Figura 13:** Configuração do *layout* 3 (tela histórico de consumo)

Fonte: SKOON (2013).

A usuária 01 explanou que o *smile* não estava muito claro, mas a mensagem mostrada juntamente com o *smile* ajudou a entender que a informação a ser passada era que o processo poderia ser ainda melhor, ou seja, mais econômico. Sobre o histórico de consumo, esta usuária disse que neste *layout*, ela consegue fazer as comparações, mas que muita gente não conseguiria porque não havia números ou indicação de níveis de consumo, somente barras.

A usuária 02 comentou sobre as dicas de economias disponibilizadas na simulação. Para ela as dicas estão claras e colaboram para a identificação de estratégias para diminuir o consumo.

Ao consultar o histórico de consumo, conseguiram entender as informações e visualizar a diferença de consumo entre os dados apresentados. Ambas conseguiram se lembrar dos *feedbacks* mostrados pela tela após a atividade. O único ponto negativo observado com relação à percepção das usuárias é que as mesmas não entenderam as abreviações das categorias de sujidade das roupas: pouco suja (ps); suja (s); e muito suja (ms). Estas abreviações estavam presentes no histórico de consumo.

Ao final da atividade, os pesquisadores perguntaram às usuárias se elas conseguiam se lembrar do consumo de água, energia e tempo do processo de lavagem simulado e, no histórico de consumo, qual dos *feedbacks* apresentava o consumo menor. A usuária 01 errou apenas o consumo de água, pois se esqueceu que havia selecionado o "enxágue duplo". A usuária 02 se lembrou de todos os *feedbacks* mostrados.

Sobre o abastecimento do compartimento de sabão e amaciante, aspecto não considerado nas alternativas de interface, as usuárias fizeram algumas observações. A usuária 01 comentou que mesmo havendo os recipientes específicos para sabão e amaciante na lavadora, prefere inserir por conta própria na lavadora, pois o produto se mistura melhor na água e ela dosa a quantidade que preferir. A usuária 02 comentou que por não utilizar lavadora automática, não sentiu falta desta informação. Ela confia nas informações apresentadas nas embalagens destes produtos e prefere adicioná-los por conta própria.

Ambas as usuárias fizeram comentários positivos e relevantes sobre os resultados apresentados, sendo eles: o segundo *layout* é o que apresenta uma configuração mais compreensível, com informações mais organizadas e claras; e gostariam que algumas informações apresentassem os custos, como por exemplo, de água e energia, mas disseram que os dados apresentados pelo *eco-feedback* são parâmetros consideráveis para fazer economia durante o processo de lavagem.

## 13. CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 13.1. REQUISITOS PARA O *DESIGN* DE *ECO-FEEDBACK* EM LAVADORA DE ROUPAS

Por meio do uso do Método RITE realizou-se um processo dinâmico que contou com a colaboração e intervenção de usuárias reais representantes da população moradora de habitação de interesse social no intuito de obter Meta-requisitos para o projeto de *eco-feedback* para a atividade de lavar roupas. Cada Meta-requisitos foi desdobrado em requisitos específicos e estes são apresentados de forma ampliada na Tabela 2 seguir.

**Tabela 2:** Visão Geral dos Meta-Requisitos para *Eco-Feedback* em Máquina de Lavar Roupa Voltada à Habitação de Interesse Social

| META-REQUISITOS | *DESDOBRAMENTOS DOS REQUISITOS* |
|---|---|
| **PERMITIR A SINCRONIA NO PROCESSO DE LAVAGEM COM OUTRAS ATIVIDADES DO USUÁRIO.** | • Mostrar o tempo total e restante do processo de lavagem;<br>• Oferecer *feedback* ao usuário(a) sobre o abastecimento do compartimento de sabão e amaciante;<br>• Manter a possibilidade de interferir no processo de lavagem através do avanço manual de etapas;<br>• Utilizar *feedback* sonoro ao final do processo para avisar o(a) usuário(a) do *status* do processo. |
| **AMPLIAR A PERCEPÇÃO DE CUSTO ASSOCIADO AO CONSUMO.** | • Informar os custos ou consumo de água e energia através de escalas de valor ou quantidades;<br>• Possibilitar a consulta de histórico de consumo para comparações entre programações utilizadas. |
| **AUXILIAR O(A) USUÁRIO(A) A OTIMIZAR SUAS ESCOLHAS DE CONSUMO.** | • Simplificar a quantidade de escolhas dos programas de lavagem se possível;<br>• Informar prontamente as implicações no consumo decorrente da escolha da programação de lavagem com menor consumo de água e energia;<br>• Simplificar as informações disponibilizadas no *eco-feedback* para melhor entendimento do público. |
| **AUXILIAR O(A) USUÁRIO(A) A ENTENDER SEU PADRÃO DE CONSUMO DE RECURSOS.** | • Avisar o usuário sobre a quantidade de sabão e amaciante em cada lavagem;<br>• Possibilitar a consulta de um histórico de consumo tornando possível fazer comparações dos níveis de consumo.<br>• Utilizar símbolos, ícones e/ou barras que informem escalas de valor ou quantidade além de números que evidenciem o valor e/ou quantidade informada.<br>• Simplificar as informações disponibilizadas no *eco-feedback* para melhor entendimento do público. |
| **MOTIVAR O(A) USUÁRIO(A) COM REFORÇO POSITIVO.** | • Estimular o usuário através de mensagens para economia de água, energia e tempo.<br>• Tornar possível fazer comparações dos níveis de consumo. |

Quanto às dimensões para o design de *eco-feedback* propostas por Froehlich (2011), é possível complementá-las ou confirma-las com *insights* exclusivos para o *eco-feedback* em lavadora de roupas da habitação de interesse social (tabela 3).

Estas duas tabelas estabelecem relação entre os Meta-requisitos propostos por esta pesquisa e as dimensões para projeto de *eco-feedback* propostos por Froehlich (2011). Esta relação torna visível que tipos de soluções e inovações tecnológicas podem ser adotadas no projeto de *eco-feedback* contribuindo para o mercado de eletrodomésticos e, em especial, para lavadora de roupas.

Especificamente à população de baixa renda, alguns dos meta-requisitos identificados estão particularmente alinhados aos comportamentos deste público. Como foi identificado na *Survey* (Ciclo de Ação 01), o custo das contas de água e energia ocupam parcela significativa da renda mensal familiar. **"Ampliar a percepção de custo associado ao consumo"** e **"auxiliar estes usuários a otimizarem suas escolhas de consumo"** são meta-requisitos que podem encorajar os moradores à alcançar a meta de economia e a se manterem nos Programas de Tarifa Social. Não menos importante, **"auxiliar estes usuários a entenderem o seu padrão de consumo de recursos"** conduzem estes usuários a escolhas e ações mais racionais, provocando a modificação do próprio comportamento.

**Tabela 3:** Visão Geral das Dimensões para *Eco-Feedback* e *Insights* para Máquina de Lavar Roupa Voltada à Habitação de Interesse Social

| DIMENSÕES | *INSIGHTS* PARA LAVADORA DE ROUPAS |
|---|---|
| **ACESSO À INFORMAÇÃO** | • Atualizar a informação sobre consumo, tempo, programação de lavagem ou quantidade de sabão e amaciante ao final de cada ação.<br>• Localizar a informação em região da interface de fácil e rápida visibilidade. |
| **REPRESENTAÇÃO DOS DADOS** | • Utilizar símbolos, ícones e/ou barras que informem escalas de valor ou quantidade além de números que evidenciem o valor e/ou quantidade informada.<br>• Disponibilizar os principais dados da ação, como o consumo de água, energia e tempo e a programação escolhida em uma única visualização. |
| **INTERATIVIDADE** | • Informar prontamente as implicações no consumo decorrente da escolha da programação de lavagem com menor consumo de água e energia. |
| **ASPECTOS SOCIAIS** | • Tornar possível fazer comparações dos próprios níveis de consumo.<br>• Possibilitar comparação com algo ou alguém. |
| **EXIBIÇÃO MÉDIA** | • Simplificar as informações disponibilizadas no *eco-feedback* para melhor entendimento do público.<br>• Utilizar símbolos, ícones, barras e/ou números de forma limpa e organizada na interface. |
| **ACIONABILIDADE/UTILIDADE** | • Apoiar-se de outras soluções que complemente o *eco-feedback*, como uso do som para confirmar aperto de botão.<br>• Estimular o usuário através de mensagens para economia de água, energia e tempo. |
| **COMPARAÇÃO** | • Possibilitar a consulta de um histórico de consumo tornando possível fazer comparações dos níveis de consumo.<br>• Possibilitar outros tipos de comparação, por exemplo, com outra família. |

**"Oferecer *feedback* ao usuário(a) sobre o abastecimento do compartimento de sabão e amaciante"** já é usual no mercado de lavadoras, no entanto, este diferencial dificilmente é encontrado nas lavadoras que possuem como público-alvo a população de baixa renda. **"A reutilização da água do enxágue"** também é um exemplo de abordagem que pode dar apoio ao *eco-feedback* no sentido de economizar ou reutilizar água em outras atividades da casa, contribuindo efetivamente no volume de água consumido na residência.

Ainda que seja necessário aprofundamento nos testes com usuário sobre a efetividade do *eco-feedback*, é importante destacar que os moradores de habitação de interesse social estão acostumados com o uso de tecnologias que contém *display* ou interface mais complexas. Daros (2013) e Forcato (2014) identificaram que há uma expressiva parcela desta população que tem acesso às redes sociais e a telefones celulares, inclusive *smartphones*. Isto evidencia que este tipo de tecnologia já está presente no repertório desta população, o que amplia as possibilidades de utilização do *eco-feedback* e da inserção de informações em *display*. O que se pode afirmar é que o uso do *eco-feedback* nesta população tem seu maior potencial de eficácia se tornar conhecido do usuário a possibilidade de redução de suas despesas com água e energia.

## 13.2. O IMPACTO DO *ECO-FEEDBACK* NA INDUÇÃO DO COMPORTAMENTO SUSTENTÁVEL

A literatura mostrou que a utilização de abordagens convencionais para a mudança de comportamento, ou seja, o uso de estratégias que coloquem em prática as teorias para mudança comportamental pode conduzir a resultados satisfatórios. No entanto, o *eco-feedback*, utilizado nesta pesquisa como intervenção de design que direciona à mudança de comportamento, apresentou potencial para redução do consumo e as próprias falas das usuárias apontaram que as mesmas estavam inclinadas à iniciar um processo de mudança de comportamento.

A usuária 01 mencionou que o histórico de consumo é muito interessante para gerir o consumo a cada lavagem de roupa. Para ela, a consulta ao histórico pode ajudar a diminuir o consumo de água e energia, pois ela escolhe aquela programação de lavagem que menos consome dependendo da roupa.

Segundo a usuária 02, o principal fator a ser considerado no *eco-feedback* que de fato conduz para um comportamento mais sustentável é a comparação. Para ela, todas as informações disponibilizadas no *eco-feedback* são importantes, mas fazer a comparação do consumo entre as programações de lavagem é a característica que mais ajudar a economizar nas contas de água e energia.

Como o custo das contas de água e energia afetam diretamente a renda mensal das famílias, percebeu-se que oferecer a possibilidade de ações que apresentam consumo mais racional na lavagem da roupa influencia diretamente na escolha da programação de lavagem. As duas usuárias concordam que optariam pelas programações mais econômicas.

Este dado revela que estas usuárias perceberam que existem possibilidades de reduzir seus custos com água e energia e que é possível economizar “dinheiro” por meio do uso do *eco-feedback*. Segundo Modelo de Mudança de Comportamento de Grimley *et al.* (1997), estas usuárias já avançaram estágios para a mudança de comportamento. Antes do envolvimento das usuárias com a pesquisa, estas permaneciam no estágio de pré-contemplação, pois não percebiam que existia um problema no processo de lavagem de roupas, e muito menos sabiam como este problema afetava a sua renda mensal. Durante as atividades dos Ciclos de Ação, as usuárias, por meio de suas próprias ideias e sugestões e das interfaces e *eco-feedbacks* apresentados, passaram a se estabelecer no estágio de contemplação. Neste estágio, as usuárias passaram a entender, pensar ou mesmo sugerir soluções para diminuir o consumo e os custos das contas de água e energia.

É possível que, se houvesse um período de utilização do *eco-feedback* com um modelo funcional ou inserção desta estratégia no cotidiano, fosse provável que estas mesmas usuárias ou o público pesquisado avançasse pelos mesmos estágios até o estágio de preparação e/ou ação, pois com a frequência do uso, este passaria a entender qual a opção de lavagem que lhe traria o melhor custo benefício passando a assumir de fato um novo comportamento.

É evidente que o *eco-feedback* provocou nestas usuárias o desejo de mudança. Mesmo que a mudança almejada ainda tenha maior relação com o dinheiro e menor relação com as contribuições ambientais, o fato é que esta tecnologia tem potencial para conduzir o usuário a ações mais responsáveis. No entanto, esta estratégia não tem caráter persuasivo. A escolha é do usuário. Assim, o *eco-feedback* contribui na educação, orientação e na responsabilidade ambiental, econômica e social. É uma estratégia de

conscientização, mas pode ser responsável por iniciar um processo de transição de comportamento do usuário.

Vale ressaltar que os indícios de mudança comportamental reportados aqui são limitados pelos *scripts* e testes rápidos realizados. Neste contexto, é importante que novos estudos sejam realizados no intuito de medir em escala maior como o *eco-feedback*, munido de suas dimensões, pode contribuir para a evolução do aprendizado e educação do usuário na obtenção de comportamentos mais sustentáveis no processo de lavagem de roupas.

## 14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em primeiro lugar, conclui-se este artigo abordando dados referentes ao mercado de lavadoras no Brasil. Especificamente à população de baixa renda, o uso de *eco-feedback* ainda é muito insipiente no mercado. Vale lembrar que esta não é uma obrigação legal das fabricantes, mas diante do contexto deste público, esta pode ser considerada uma questão de responsabilidade social, ambiental e econômica.

A fração do consumo de água e energia representa fatia considerável da renda do morador de habitação de interesse social. Para a população de baixa renda, seria importante a utilização de um modelo que oferecesse uma boa relação custo-benefício no que tange o processo de lavagem de roupas. Segundo Froehlich (2011) e Jackson (2005), o preço (ou custo) apresenta forte potencial em influenciar o comportamento do usuário.

No entanto, o que se percebe no mercado é que não há estratégias que de fato conduzam o usuário para um consumo mais racional. A indústria acaba por adiar a inserção de inovações e tecnologias nos produtos, apresentando pequenas inovações às parcelas. O *eco-feedback* é uma oportunidade para que a indústria nacional apresente diferencial competitivo.

Em segundo lugar, é necessário investimento em tecnologias que contribuam para uma melhor qualidade de vida do público de baixa renda e isto é uma oportunidade de mercado. É possível que novos programas governamentais ou que políticas públicas estimulem a questão da transparência do consumo em eletrodomésticos como uma forma de incentivar as indústrias fabricantes a aderirem a estas novas estratégias e tecnologias. A transparência do consumo é hoje uma demanda política e a própria empresa parceira desta pesquisa compreende que é necessária a inserção da transparência do consumo para que o usuário passe a exigir novas tecnologias e a definir as inovações no mercado. Neste sentido, o ponto de partida para a inserção deste tipo de inovação pode vir das próprias autoridades, através de legislações federais, imposições ou exigências para compra destes equipamentos.

Além disso, é necessário que o ser humano tenha algo que o envolva e o conduza a realizar suas atividades de forma diferente. O processo de mudança comportamental exige que se tenha um reforço e consequências positivas às ações. O *eco-feedback* apresenta oportunidade para isso. Este trabalho apresenta os primeiros parâmetros através de meta-requisitos para que soluções de *eco-feedback* sejam inseridas na lavadora de roupas da habitação de interesse social visando a mudança para um comportamento mais sustentável.

Apesar de ter sido percebida a suposição de que houve um início do processo de mudança de comportamento nas usuárias que contribuíram com a pesquisa, aponta-se como uma limitação que o número reduzido de participantes nos ciclos de ação não conseguiu confirmar, de fato, esta última hipótese.

Sugere-se para trabalhos futuros que os Meta-requisitos identificados nesta pesquisa sejam implementados em um projeto funcional, ou seja, testados em situações reais de uso e com amostra adequada para aprofundar as investigações acerca da mudança comportamental. É sugerido ainda que haja a combinação da intervenção do *eco-feedback* com outras estratégias de design para o comportamento sustentável. Estas podem ser intervenções voltadas à educação (eco-informação), à responsabilidade (eco-escolha), ao direcionamento (eco-direção) e mesmo com tecnologias persuasivas. Esta combinação pode contribuir para que a população de baixa renda ou mesmo outros públicos possam de fato caminhar na direção de se comportar de forma mais sustentável, aliadas ainda, ou uso de novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS


[1] BELZ, Frank-Martin; PEATTIE, Ken. Sustainability Marketing: A Global Perspective. John Wiley & Sons, 2009.

[2] BUENO, Francisco da S. Minidicionário da Língua Portuguesa. São Paulo: Editora Lisa, 1992.

[3] DAROS, C. (2013). Design para a sustentabilidade: oportunidades de inovação a partir dos hábitos de consumo na HIS. Dissertação (Mestrado em Design) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

[4] FORCATO, M. S. Design para o comportamento sustentável: estudo da aplicação do eco-feedback na interface da lavadora de roupas. Dissertação (Mestrado em Design) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

[5] FROEHLICH, J. E. Sensing and feedback of everyday activities to promote environmental behaviours. (Thesis) Doctoral in Philosophy. University of Washington, 2011.

[6] FROEHLICH, J., FINDLATER, L., & LANDAY, J. The Design of Eco-Feedback Technology. CHI 2010, Atlanta, Georgia, USA, p. 10-15, abr. 2010.

[7] GIDDENS, A.; TURNER, J. Teoria social hoje. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

[8] GRIMLEY, D. M; PROCHASKA, G. E.; PROCHASKA, J. O. Condom use adoption and continuation: a transtheoretical approach. Health Education Research, v. 12, n.1, p. 61-75, 1997.

[9] JACKSON, T. Motivating Sustainable Consumption: a review of evidence on consumer behaviour and behavioural change. In: A report to the Sustainable Development Research Network as part of the ESRC Sustainable Technologies Programme Center for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, 2005.

[10] KOLB. David A. Psicologia organizacional: uma abordagem vivencial. São Paulo: Atlas, 1978.

[11] LILLEY. D. Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions, Design Studies, v. 30, n. 6, p. 704-720, 2009.

[12] LILLEY, D., & LOFTHOUSE, V. (2009a). Teaching Ethics For Design For Sustainable Behaviour : A pilot study. Design and Technology Education: An International Journal. v. 15, n. 2, p. 55-68, 2009.

[13] LÖBACH, Bernd. Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

[14] LOCKTON, D.; HARRISON, D.; STANTON, N. A. Design for Sustainable Behaviour : investigating design methods for influencing user behaviour. Sustainable innovation, p. 26–27, 2009.

[15] MANZINI, E.; VEZZOLI C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: EDUSP, 2005.

[16] MEDLOCK, M.C.; WIXON, D.; TERRANO, M.; ROMERO, R. L.; FULTON, B. Using the RITE method to improve products: a definition and a case study.pdf. 2002. Disponível em: Download center. <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=20940>.

[17] MOORE, J. Behaviorism. The Phychological Record, v. 61, p. 449-464, 2011.

[18] MONT, O.; PLEPYS, A. (2008). Sustainable consumption progress: should we be proud or alarmed? Journal of Cleaner Production, v. 16(4), p. 531–537, doi:10.1016/j.jclepro, 2008.

[19] NORMAN, Donald A. O design do futuro. Rio de Janeiro: Rocco, 2007.

[20] PAPANEK, Victor. Design para el mundo real: ecología humana e cambio social. Ediciones Blume. Madrid, 1977.

[21] SANTOS, A. Perspectivas filosóficas da prática do design para a sustentabilidade. In: 2° Simpósio Paranaense de Design Sustentável. Curitiba. 2o SPDS. Curitiba : UFPR, v. 1. p. 9-12, 2010.

[22] SCHULTZ, D. P.; SCHULTZ, S. E. História da Psicologia Moderna. São Paulo: Thomson, 2005.

[23] SKOON. Projeto Skoon. Disponível em: < http://projeto-skoon.blogspot.com.br/?zx=b8cec51b89b674f5>. Acesso em 20 jan. 2014.

[24] SCOTT, K., BAKKER, C., & QUIST, J. Designing change by living change. Design Studies, v. 33, p. 279–297, 2012.

[25] SKINNER. B. F. About behaviorism. New York: Vintage Books, 1976.

[26] SOLOMON, Michel R. O comportamento do consumidor: comprando, possuindo e sendo. Porto Alegre: Bookman, 2011.

[27] TANG, T., & BHAMRA, T. (2008a). Understanding Consumer Behaviour to Reduce Environmental Impacts through Sustainable Product Design. Loughborough University, 2008.

[28] TANG, T., & BHAMRA, T. A. (2008b). Changing Energy Consuption Behaviour throungh sustainable product design. Loughborough University, 2008.

[29] THIOLLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. 11.ed. São Paulo: Cortez, 2002.

[30] VEZZOLI, Carlo. Design de sistemas para a sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”. Salvador : EDUFBA, 2010. 343p.

[31] YANKO DESIGN. Water is Money [2011]. Disponível em: <http://www.yankodesign.com/2011/02/18/water-is-money/>. Acesso em: 20 jan. 2014.

# Capítulo 2

## *Nova rota de processamento de embalagens poliméricas biodegradáveis a base de amido e poliéster*

*Henrique Solowej Medeiros Lopes*
*Gean Henrique Marcatto de Oliveira*
*Alessandra de Almeida Lucas*

Resumo: O uso de materiais biodegradáveis surge como uma promissora alternativa para a diminuição da poluição ambiental. Por ser encontrado em abundância na natureza, possuir baixo custo, ser biodegradável e proveniente de fonte renovável, o amido tem sido um material de crescente estudo. Devido às baixas propriedades mecânicas, alta absorção de umidade e recristalização após armazenagem, o uso de amido termoplástico é limitado. Blendas de amido termoplástico e Poli(butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT) foram produzidas com auxílio da Pulverização por Cisalhamento no Estado Sólido (S3P). O amido foi plastificado (TPS) na presença de glicerol (25%, em massa de amido) e água (10%, em massa do total), e processado em diversas composições com PBAT (50, 60, 70 e 80% em massa total de TPS). Posteriormente, foram obtidos filmes através de extrusão plana. Os filmes foram avaliados por sua processabilidade, manuseio, aspecto visual e absorção de umidade. Suas propriedades mecânicas foram avaliadas através de ensaio de tração. Sua cristalinidade e retrogradação foram avaliadas por difração de raios-X (DRX) e sua morfologia através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). A rota de processamento com S3P apresentou maior processabilidade e manuseio dos materiais, aliado à um melhor aspecto visual. Para altas quantidades de amido (70 e 80%, em massa total), as técnicas apresentaram resultados de propriedade mecânica e absorção de umidade semelhantes. Para baixas quantidades (50 e 60%, em massa total), os materiais produzidos por extrusão apresentaram propriedades mecânicas superiores, tais como, alongamento na ruptura e resistência à tração, e menor absorção de umidade. Ambos os materiais apresentaram aumento de cristalinidade com o tempo. Foi possível observar também, a presença de grânulos nativos de amido, indicando baixa plastificação em ambas as técnicas.

Palavras-chave: Amido termoplástico; PBAT; S3P; blenda; biodegradável.

## 1. INTRODUÇÃO

Os plásticos, muitas vezes, substituem com vantagem diversos tipos de materiais em inúmeras aplicações. Leves, resistentes, de baixo custo de produção e fáceis de moldar, eles tornaram-se um vasto mercado a ser explorado. Entretanto, do ponto de vista ambiental, podem trazer problemas. Esses materiais demandam longo tempo de degradação, mantendo-se presentes durante vários anos e ocupando grandes volumes em aterros sanitários. Muitos deles, também, provêm de fontes não renováveis, dos quais, em sua maioria, também não são biodegradáveis. De forma geral, tais materiais são uma fonte de poluição significativa ao meio ambiente, causando danos à fauna e flora, principalmente quando são descartados de forma incorreta [1, 2]. A utilização global de embalagens cria uma preocupação ambiental com o enorme volume de material que pode causar danos ao meio ambiente.

A reciclagem depende de fatores culturais da sociedade, tecnologias adequadas e regulamentações específicas para que haja eficácia em seu resultado. A reciclagem de embalagens pode ser dificultada devido a contaminantes presentes, como por exemplo, as embalagens multicamadas, que podem ser constituídas de diversos polímeros e/ou metais, do grande volume de material necessário e de planejamentos logísticos e legislativos, visando o incentivo do poder público e da sociedade para sua viabilização [3]. O interesse na aplicação de plásticos biodegradáveis e/ou de fontes renováveis cresceu, visando à preservação do meio ambiente. Tal interesse ocorre devido à dispensabilidade na utilização de polímeros duráveis e de longa vida para aplicações de curto prazo, como as embalagens e também, à grande poluição ambiental que pode ser causada pelos mesmos [1, 2, 4].

Uma alternativa economicamente interessante é a utilização de polímeros biodegradáveis baseados em amido termoplástico (TPS). Para ser utilizado como um termoplástico, o amido deve passar pelos processos de "gelatinização" ou de "plastificação". Esses processos consistem em destruir a estrutura semicristalina nativa presente, diminuindo as interações intermoleculares fortes na presença de um plastificante, na maioria das vezes glicerol ou água, com temperatura e/ou cisalhamento. A gelatinização ou plastificação pode ser definida como a transformação física sofrida pelo grânulo nativo do amido na presença de umidade, temperatura e/ou cisalhamento[5-7].

Devido ao seu baixo custo e abundância, o amido tornou-se atrativo no desenvolvimento de novos materiais. Contudo, possui baixas propriedades mecânicas, alta absorção de umidade e alteração em suas propriedades mecânicas com o tempo, a chamada "retrogradação", o que limita sua aplicação [1, 4]. Devido à forte ligação intermolecular presente no amido, ocorre a recristalização de suas cadeias em função do tempo, temperatura e umidade do ambiente em que se encontra armazenado. Esse fenômeno aumenta a cristalinidade do material e altera suas propriedades mecânicas, tornando-o, na maioria das vezes, não mais eficiente para aquilo que foi projetado [7].

Percebe-se então, a necessidade de se utilizar blendas de amido termoplástico, visando superar as limitações encontradas no seu processamento e uso, visto que blendas são comumente conhecidas como a forma mais versátil e econômica de se produzir materiais capazes de satisfazer diversas aplicações [8].

Diferentes polímeros sintéticos biodegradáveis são encontrados na literatura em blendas com amido termoplástico, como o PBAT, PBS, PCL e PLA [9-12]. Para o desenvolvimento de blendas poliméricas, dois parâmetros são de extrema importância: o controle da química interfacial e da morfologia, já que, comercialmente, há uma preocupação muito grande com a dispersão e mistura da mesma, em processamentos de larga escala, como a extrusão [13].

Diversos trabalhos de blendas de amido termoplástico com polímeros sintéticos têm sido desenvolvidos com o intuito de obter propriedades superiores do produto, para que o mesmo se adeque à sua aplicação, visto que, altos teores de amido na blenda resultam em baixa compatibilidade entre os constituintes, justificado pelo caráter hidrofóbico do amido [14-17]. Uma crescente demanda no desenvolvimento de blendas compatíveis tem gerado um contínuo aperfeiçoamento de equipamentos e processos. Tais equipamentos nem sempre foram eficientes e tampouco o custo foi baixo para sua realização, até observar-se que, ao usar um misturador adaptado, blendas pulverizadas apresentaram boa fase dispersa, sem a utilização de nenhum aditivo. Tal processo de pulverização foi estimado consumir de 3 a 10 vezes menos energia que processos de diminuição de partículas existentes.



A Pulverização por Cisalhamento no Estado Sólido (*Solid-State Shear Pulverization* ($S^3P$ ou SSSP)), foi desenvolvida com o intuito de produzir partículas estáveis e bem distribuídas da fase dispersa na produção de blendas poliméricas com altas razões de viscosidades [18]. O processamento de blendas imiscíveis via $S^3P$ tem sido estudado como forma de compatibilizar os componentes da mesma, atingindo melhores propriedades finais e, na maioria das vezes, sem a necessidade de utilização de um

compatibilizante para isto [18-21]. Porém, existem pouquíssimos estudos na área que utilizam blendas de amido e polímeros sintéticos [19].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O amido de mandioca foi adquirido da empresa Fecularia Pantanal®. O PBAT foi produzido pela empresa BASF®, sob o nome comercial de Ecoflex® F Blend C1200. O Glicerol P.A. utilizada para a plastificação do amido foi produzida pela empresa Neon® Comercial Ltda. O Ácido Cítrico Anidro P.A. - A.C.S., Ácido Esteárico P.A. – A.C.S. e o Cloreto de Sódio P.A. - A.C.S. foram produzidos pela empresa Synth®.

A preparação do amido para sua plastificação foi realizada em um processador de alimentos Philips Viva RI7630. Primeiramente, secou-se o amido em estufa com renovação de ar durante 12 horas à 60°C. Posteriormente, fez-se uma solução de glicerol e água (25 e 10% em massa, respectivamente) para cada 1000g de amido, e adicionou-se lentamente ao misturador mecânico. Após a mistura dos componentes, levou-se novamente à estufa de renovação de ar durante 12 horas à 90°C. Nessa temperatura, a difusão do glicerol para dentro dos grânulos de amido é facilitada pela presença de água, que possui menor massa molar. Após 12 horas, uma quantidade mínima de água estava presente na mistura. O amido foi finalmente desestruturado e plastificado no processo de extrusão.

O processamento dos materiais foi realizado através de duas técnicas: a extrusão convencional e a pulverização por cisalhamento no estado sólido (S3P) seguida de extrusão convencional, ambos em uma extrusora dupla-rosca, com diâmetro de rosca de 19 mm e relação L/D de 25, da marca Baker & Perkins Equipments and Systems, adicionando-se 3% em massa de Ácido Cítrico e 1% em massa de Ácido Esteárico.

No processo de extrusão convencional, o amido foi processado em duas etapas. A primeira, visando sua plastificação e a segunda etapa, para produção da blenda com o PBAT. A extrusora foi configurada com um perfil de temperatura de, partindo da alimentação, 142-142-147-137-130 (°C) (±3°C), com uma rotação de 120 rpm para a plastificação do amido e 130-132-137-132-127 (°C) e com uma rotação de 80 rpm, para a produção da blenda. A vazão calculada para ambas as etapas foi de 1300 g/h.

No processo de pulverização por cisalhamento no estado sólido, o amido após o processo de *dry-blend* foi processado juntamente com o PBAT, resultando em um material em flocos, com posterior extrusão convencional para granulação da blenda. As resistências de aquecimento não foram ligadas, mantendo o barril do equipamento em temperatura ambiente, 23 °C (±3°C), com auxílio do sistema de refrigeração à água do equipamento. A rotação da rosca utilizada foi 200 rpm com uma vazão de, aproximadamente, 520g/h. Para o processo de granulação do amido processado via $S^3P$ com o PBAT, utilizou-se um perfil de temperatura de 140-145-150-140-130°C, vazão de, aproximadamente, 1650 g/h e rotação da rosca em 120 rpm.

Após a granulação das blendas, os materiais processados por diferentes métodos foram novamente processados para confecção dos filmes em uma extrusora mono-rosca AX Plásticos, com diâmetro de rosca de 40 mm e relação comprimento/diâmetro (L/D) de 25, com matriz plana. As temperaturas das zonas de aquecimento da extrusora foram de 100-150-150 (°C), a partir da zona de alimentação, com uma rotação de 50 rpm. A rotação utilizada nos rolos de puxamento dos filmes variou de 30 a 70 rpm, conforme maior era a quantidade de amido, menor a capacidade dos filmes em estirar. As composições das blendas de TPS/PBAT produzidas foram de 50/50, 60/40, 70/30 e 80/20 (% em massa).

Para medidas de absorção de umidade, as amostras da blenda TPS/PBAT foram previamente secas, para então serem mantidas em um ambiente com umidade relativa controlada, através da utilização de solução saturada de NaCl (Cloreto de Sódio) em água destilada, segundo a norma ASTM E104-02, e temperatura de 23,5°C, com o objetivo de manter a umidade relativa de pequenos recipientes em 75%. A massa das mesmas foi monitorada em função do tempo.

O ensaio de tração foi realizado em uma máquina universal de ensaios Instron, modelo 5569, segundo a norma ASTM D 882-00. Foram avaliadas as propriedades de módulo elástico, alongamento na ruptura e resistência à tração no escoamento. O ensaio foi realizado a temperatura ambiente de 23°C, com uma velocidade de 12,5 mm/min e separação entre garras de 125 mm. Foram ensaiados 10 corpos de prova por condição com dimensões estabelecidas pela norma supracitada, possuindo 175 x 50 mm (comprimento x largura). Os corpos de prova foram mantidos em duas condições diferentes de umidade relativa, a primeira em estufa, à 60°C durante 12 horas e a segunda, em recipiente hermeticamente fechado com umidade relativa de 72% (±1%), idêntico ao utilizado no ensaio de absorção de umidade.

A análise de difração de raios-x foi utilizada para obtenção das fases cristalinas presentes no amido com diferentes tempos de armazenamento, 20 e 50 dias após processamento, para verificação da fase cristalina produzida e ocorrência de retrogradação. O difratômetro utilizado foi um Rigaku Geiger-Flex, com velocidade de varredura de 2°/min, com intervalo de varredura entre 5 e 50°. O equipamento operou com uma tensão de 40 kV, com uma corrente de 30 mA. Os corpos de prova possuíam área de 1 $cm^2$ e foram mantidos em ambiente controlado, com 72% ±1% de umidade relativa e temperatura de 23°C. O índice de cristalinidade das amostras foi medido através da área cristalina e amorfa da curva obtida por DRX, após decomposição dos picos cristalinos e do halo amorfo [22], utilizando-se da Equação 1.

$$Xc = \frac{I_c}{I_c + I_a} \times 100\% \quad (1)$$

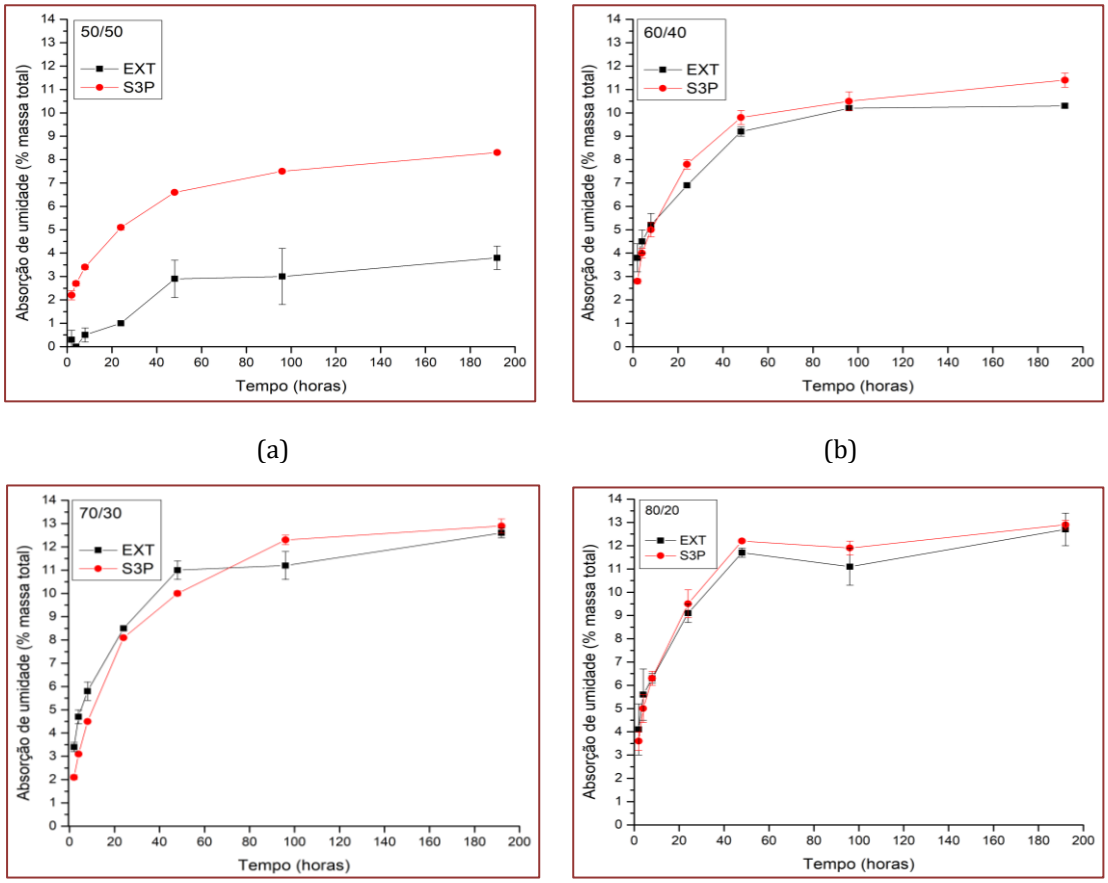
Onde, Xc é o índice de cristalinidade, $I_c$ é a área ou intensidade cristalina e $I_a$ é a área ou intensidade amorfa da curva do difratograma.

A morfologia dos filmes produzidos foi caracterizada via MEV para observação da superfície de fratura e da morfologia da blenda. Os corpos de prova foram previamente fraturados criogenicamente e depositou-se uma camada de ouro para a realização do ensaio. O equipamento utilizado foi o FEI Magellan 400R, operando a 5kV.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta os resultados de absorção de umidade dos filmes, comparando-se aqueles produzidos por extrusão convencional e $S^3P$.

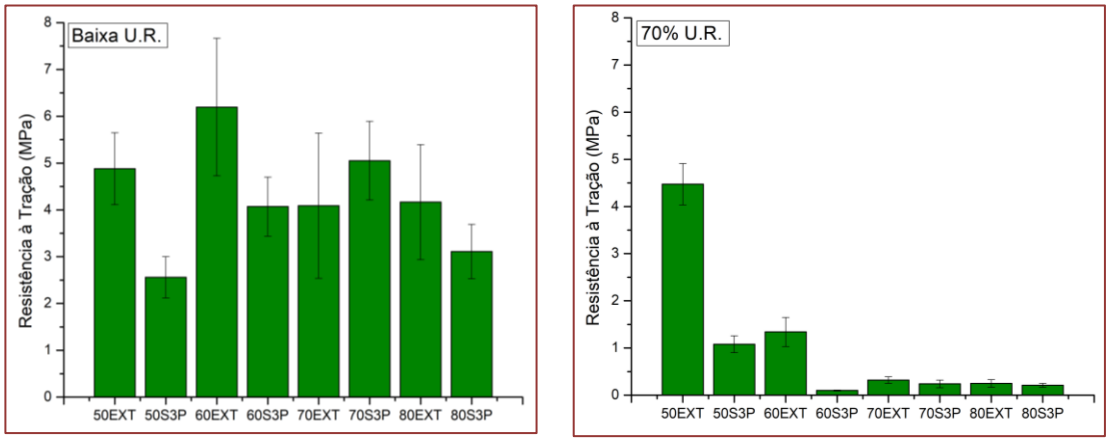
**Figura 1 -** Absorção de umidade das blendas TPS/PBAT com diferentes composições: 50/50 (a); 60/40 (b); 70/30 (c); 80/20 (d)



Para quantidades de 50 e 60% em massa, de amido na blenda TPS/PBAT, pode-se observar que os materiais obtidos por extrusão convencional apresentaram absorção de umidade significativamente menor do que os filmes obtidos por $S^3P$. Isso pode ser observado nas Figura 1 (a). O restante das amostras apresentou semelhante comportamento de absorção de umidade por tempo, com resultados dentro dos desvios padrão, sendo a de TPS/PBAT 60/40 processada por extrusão a única a apresentar uma ligeira absorção de umidade (10%), comparada à processada por $S^3P$ (11,5% ± 0,7%). A estabilização das massas girou em torno de 10 a 12% de umidade, em massa total, para as amostras com grande quantidade de amido (60, 70 e 80%). Para a amostra TPS/PBAT 50/50, a estabilização ocorreu em, aproximadamente, 3,5 e 8%, para as amostras processadas por extrusão convencional e $S^3P$, respectivamente. Conforme aumenta-se a quantidade de amido na blenda, observa-se uma maior absorção de umidade dos filmes, devido à maior quantidade de grupos hidroxilas presentes na amostra, provenientes da fase de amido, que interagem com a água e favorecem a absorção de umidade, e menor presença da fase hidrofóbica de PBAT [10, 23, 24]. Embora a técnica de $S^3P$ tenha colaborado na obtenção de filmes com alto teor de amido com melhor aspecto visual e tático, ela não proporcionou diminuição na absorção de umidade.

Na Figura 2 (a) e (b), pode-se observar a propriedade de resistência à tração dos materiais mantidos à 70% de umidade relativa do ambiente e os materiais mantidos em ambiente com baixa umidade relativa. Observa-se que somente a blenda TPS/PBAT 50/50, processada por extrusão (50EXT), possui um comportamento similar em ambas as condições, possuindo uma resistência à tração de, 4,5±0,5 MPa. Resultados similares de propriedades mecânicas sob tração também são observados na literatura [25, 26].Brandelero et al. (2010), observou que, conforme aumenta-se a quantidade de PBAT na blenda com TPS, aumenta-se também as propriedades mecânicas de resistência à tração e alongamento na ruptura, atingindo valores de 4 a 6 MPa, aproximadamente, para amostras condicionadas em alta e baixa umidade, respectivamente. Fato este ligado ao PBAT, onde o mesmo possui propriedades mecânicas semelhantes ao PEBD. Observa-se também que, salva a amostra 50EXT, o restante apresentou baixa propriedade mecânica de resistência à tração [27].

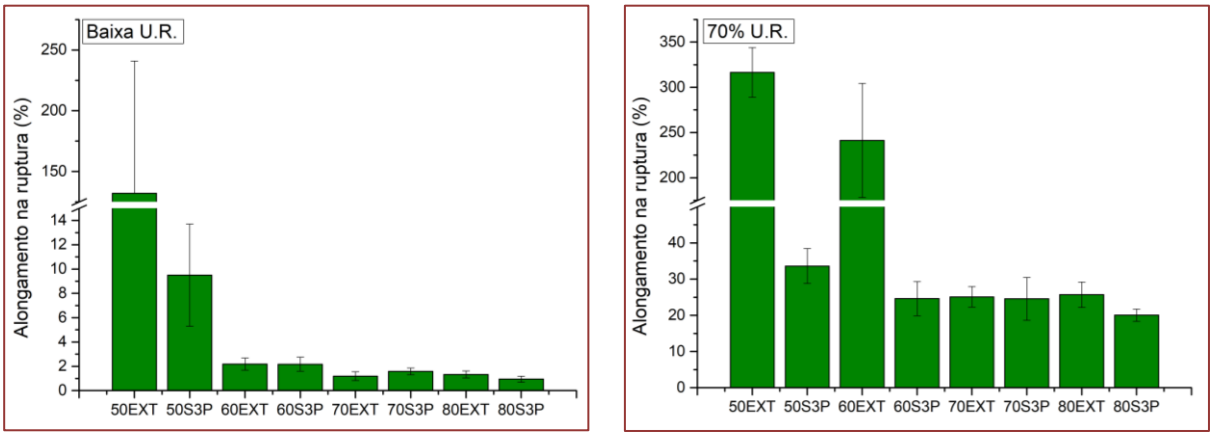
**Figura 2 -** Resistência à tração dos materiais condicionados sob diferentes umidades relativas




(a) (b)

Os materiais condicionados em baixa umidade relativa apresentaram propriedade mecânica maior de resistência à tração, quando comparados aos mantidos sob alta umidade relativa. Resultado já esperado, visto que a água atua como plastificante no amido, o que resulta em uma maior mobilidade das cadeias e, consequentemente, menor resistência à tração [27, 28]. Complementarmente, nas Figura 3 (a) e (b), pode ser observada a propriedade mecânica de alongamento na ruptura dos mesmos materiais, condicionados em ambientes diferentes e processados por diferentes técnicas. Nesta propriedade, novamente, a blenda TPS/PBAT 50/50 processada por extrusão convencional (50EXT) se destaca, possuindo um significativo maior alongamento na ruptura na condição de alta umidade relativa, juntamente com a blenda TPS/PBAT 60/40 processada por extrusão convencional (60EXT).

**Figura 3 -** Alongamento na ruptura dos materiais condicionados em diferentes umidades relativas




(a) (b)

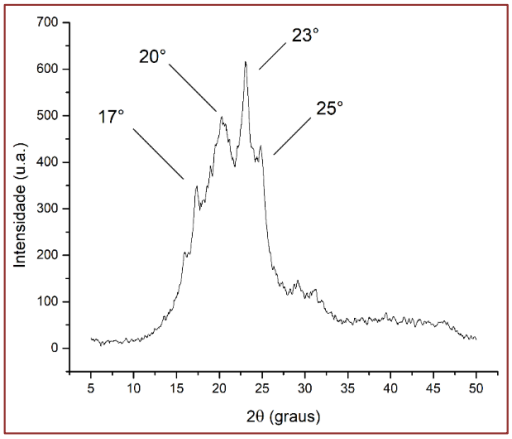
Ambos os materiais condicionados em ambiente de baixa e alta umidade apresentaram baixo alongamento na ruptura para amostras com grande quantidade de TPS (70 e 80% em massa). As amostras mantidas em ambiente com maior umidade relativa apresentaram maiores porcentagens de alongamento na ruptura, em torno de 25 a 45%, devido à sua maior mobilidade nas cadeias, resultado de uma maior plastificação na presença de moléculas de água. As amostras condicionadas em estufa apresentaram baixas porcentagens de alongamento na ruptura, em torno de 1 a 2%, com destaque para as amostras 50EXT e 50S3P, que apresentaram alongamento na ruptura de 132±110 e 9±3%, respectivamente. A presença de umidade e de PBAT na blenda aumenta sua propriedade mecânica de alongamento na ruptura. Brandelero et al. (2010) obteve resultados de alongamento na ruptura próximos a 350% para amostras que continham, aproximadamente, 66/34 PBAT/TPS, mantidas à U.R. de 53%. Amostras com composição de, aproximadamente, 60 e 55% em PBAT, em uma blenda com TPS, apresentaram alongamento na ruptura de, aproximadamente, 40% [27], valor similar ao encontrado neste trabalho, em composições com maior quantidade de amido termoplástico. Baixos valores de alongamento na ruptura para blendas com grande quantidade de amido termoplástico são comumente encontrados na literatura [16, 29, 30].

Conforme aumenta-se a quantidade do segundo componente da blenda, pode ocorrer uma inversão de fases, isto é, as partículas que em menor concentração compunham a fase dispersa, coalescem e se tornam a fase matriz do sistema [8, 13]. De acordo com os resultados de propriedade mecânica obtidos, há uma indicação de inversão de fases nas amostras com maior quantidade de amido, 60, 70 e 80% em massa do total, tornando o amido a fase matriz da blenda e, sendo assim, a que contribui majoritariamente às propriedades mecânicas finais da mesma, visto que algumas dessas amostras apresentaram menores valores de elongação e resistência à tração em relação às amostras com 50 e 60% de TPS em massa do total. Fato este pode ser observado no trabalho de Li et al. (2013), onde os autores observam diferenças na propriedade mecânica em blendas de PBS/TPS, influenciada pela fase matriz da mesma, tornando-se mais rígida, conforme aumenta-se a quantidade de TPS na composição, e mais flexível, conforme aumenta-se a quantidade de PBS na composição [12].

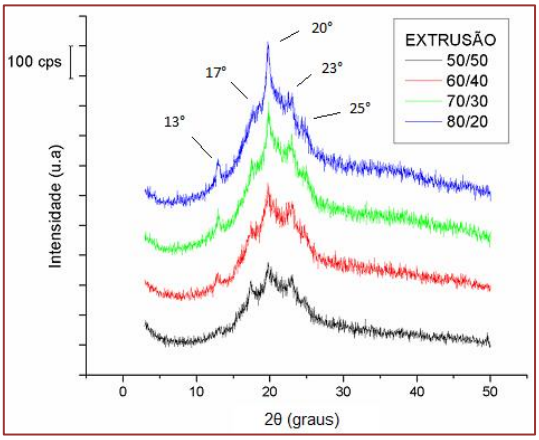
A Figura 4 (a) contém o difratograma de raios-X do PBAT, com destaque para seus picos cristalinos, e a Figura 4 (b) a (e), contém os difratogramas de raios-X referentes as blendas em dois momentos distintos pós-processamento, 20 e 50 dias, respectivamente, para análise das fases cristalinas presentes nos materiais e a influência do tempo no processo de retrogradação.

É possível observar através do difratograma do PBAT, Figura 4 (a), e da literatura, que sua estrutura cristalina está presente em todas as amostras, com picos de difração em, aproximadamente, 17,5°, 20°, 23° e 25°. Esses picos podem ter sido sobrepostos pelas fases cristalinas do amido, que possuem picos de difração próximos [10, 31, 32].

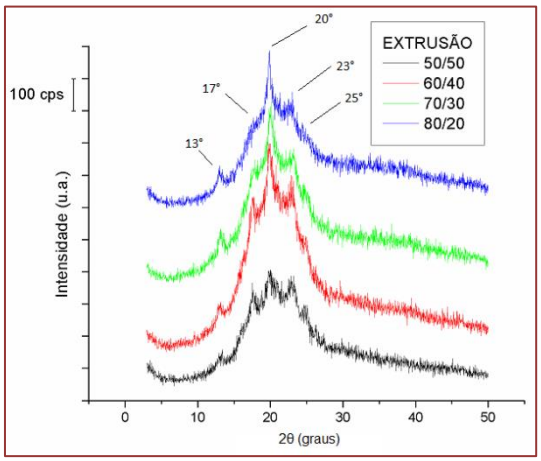
**Figura 4 -** Difratograma de raios-X do PBAT (a) e das amostras produzidas por extrusão (EXT) e S$^3$P (S3P), após armazenagem de 20 ((b) e (d)) e 50 dias ((c) e (e))



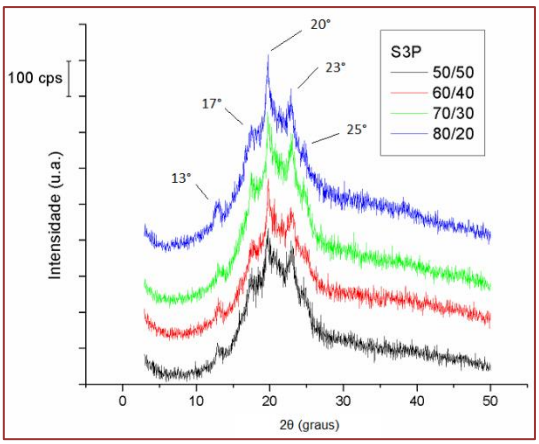

(a)



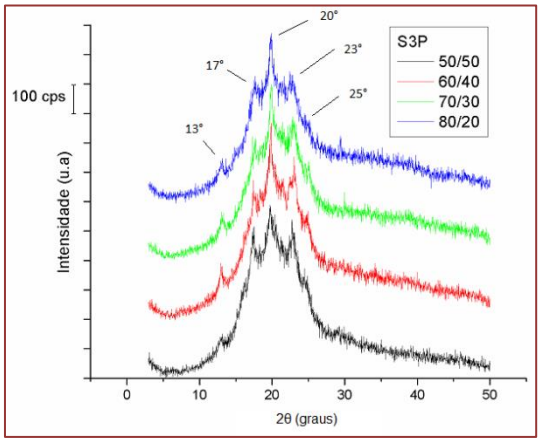

(b)




(c)




(d)




(e)



Os picos de difração a 13° e 20° aumentam de intensidade conforme aumenta-se a quantidade de TPS na blenda, podendo ser observada com mais facilidade nas composições da blenda TPS/PBAT 80/20, 70/30 e 60/40. Essas difrações estão relacionadas com a estrutura cristalina do tipo V e $V_H$, respectivamente, referente a estrutura formada após o processamento pela rápida recristalização da amilose, visto que essa estrutura é inteiramente dependente desta molécula [12, 14, 33, 34]. Após 50 dias, observa-se com mais

facilidade o pico em 13° nas amostras com baixo teor de amido termoplástico, evidenciando o aumento na retrogradação após tempo de armazenagem.

O pico próximo à 25° diminui de intensidade com o aumento da quantidade de TPS na blenda, visto que esse pico está relacionado às fases cristalinas do PBAT, como observado na Figura 4 (a).

Observa-se também que, conforme aumenta-se a quantidade de amido, a intensidade da reflexão próxima a 17,5° diminui e a próxima a 20° aumenta, relacionado à estrutura do tipo B e $V_H$, respectivamente, presente no amido termoplástico retrogradado [9, 31].

As amostras processadas pela técnica $S^3P$ apresentaram, em um primeiro momento, maiores índices de cristalinidade, podendo significar maior retrogradação e menor grau de plastificação durante processamento.

No caso das amostras 50S3P e 50EXT, uma diminuição no índice de cristalinidade foi observado, podendo estar relacionado com degradação da fase de PBAT, visto que os picos cristalinos oriundos dessa fase (20 e 23°) apresentaram menores intensidades após o tempo de armazenamento e pela alta quantidade da mesma nessa blenda.

**Tabela 1 –** Índice de cristalinidade do PBAT e das blendas

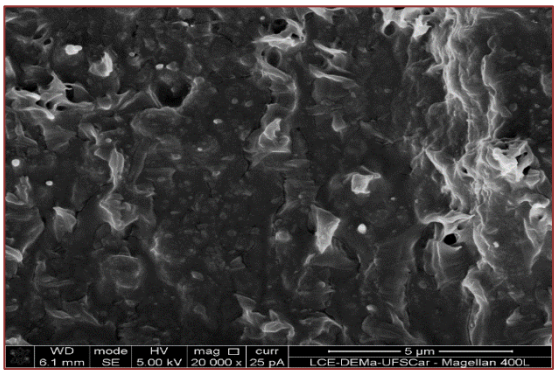
| Amostra | Índice de cristalinidade (%) | |
|---|---|---|
| | 20 dias | 50 dias |
| PBAT | 28 | |
| 50/50 EXT | 38 | 31 |
| 50/50 S3P | 44 | 40 |
| 60/40 EXT | 38 | 43 |
| 60/40 S3P | 24 | 41 |
| 70/30 EXT | 36 | 39 |
| 70/30 S3P | 35 | 35 |
| 80/20 EXT | 17 | 32 |
| 80/20 S3P | 34 | 42 |

Os resultados de DRX confirmaram a retrogradação dos filmes, onde foi possível observar a presença das fases cristalinas do amido retrogradado ou nativo e aumento nos índices de cristalinidade das amostras, o que pode ser visualmente perceptível pelo aumento da área abaixo da curva do difratograma, onde nota-se que a técnica de processamento $S^3P$ produziu blendas com maiores índices de cristalinidade. Majoritariamente, as amostras processadas por S3P com maiores quantidades de PBAT (50/50 e 60/40), apresentaram diminuição do índice de cristalinidade da fase cristalina do tipo V, conforme aumentava-se o tempo de armazenamento. Já para as amostras com alta quantidade de amido (70 e 80% em massa), essa fase apresentou um leve aumento em seu índice de cristalinidade. Para as amostras processadas via extrusão convencional, esse comportamento só foi observado na amostra com maior quantidade de PBAT (50% em massa), onde há uma diminuição no índice de cristalinidade da fase cristalina do tipo V, sendo o restante, observado um aumento.

A Figura 5 (a) a (h) apresenta as micrografias obtidas através de Microscopia Eletrônica de Varredura dos filmes fraturados criogenicamente. Nas micrografias das amostras processadas por extrusão convencional, observa-se uma superfície rugosa, com indícios de deformaçãoe algumas cavidades na superfície. A micrografia das amostras processadas por S3P apresentaram superfícies com maior rugosidade em comparação à amostra anterior. Ao contrário da amostra processada por extrusão, a amostra processada por $S^3P$ não apresentou cavidades. Uma superfície mais homogênea pode ser observada pela amostra processada via extrusão, em comparação à amostra processada via $S^3P$.

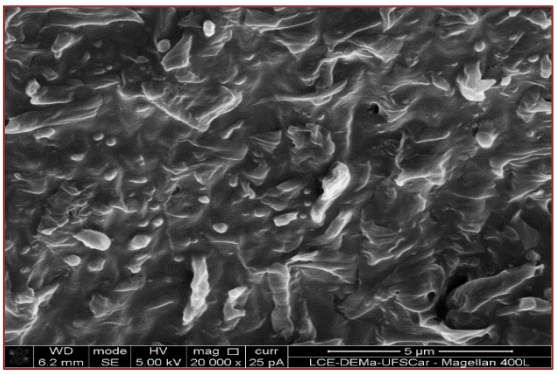
**Figura 5 –** Micrografias de MEV para as blendas TPS/PBAT 50/50 (a) e (b), 60/40 (c) e (d), 70/30 (e) e (f) e 80/20 (g) e (h)

EXT

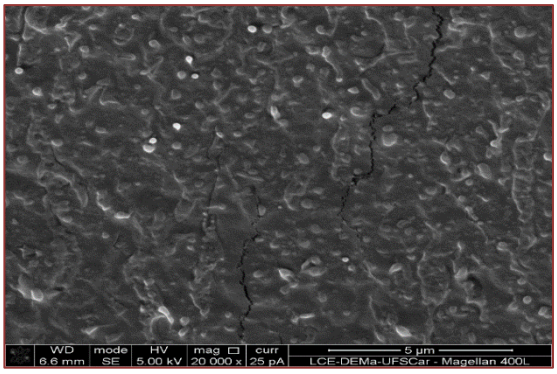



(a)

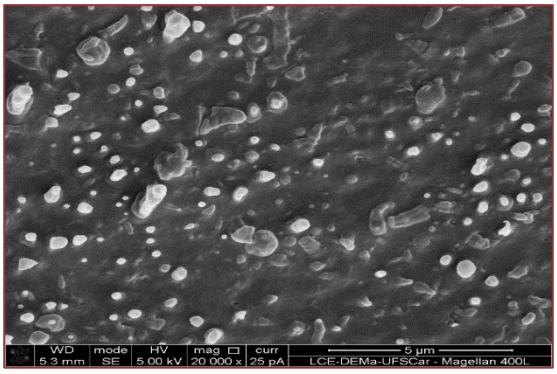
S3P



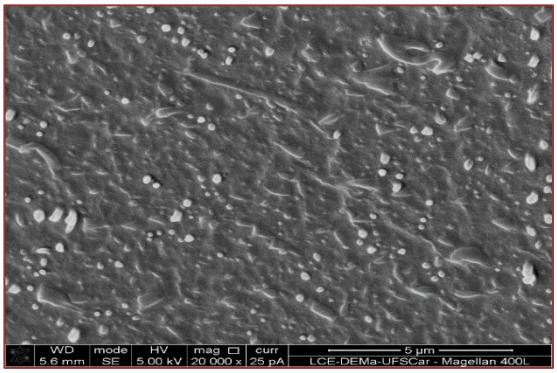

(b)



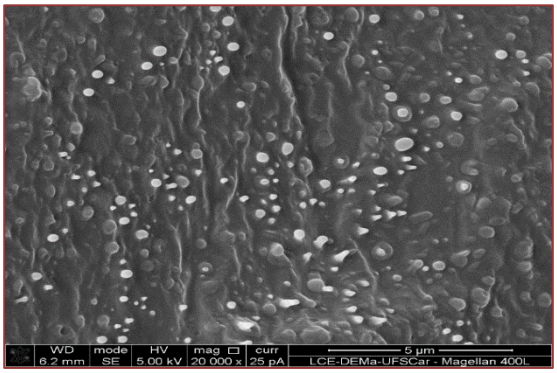

(c)



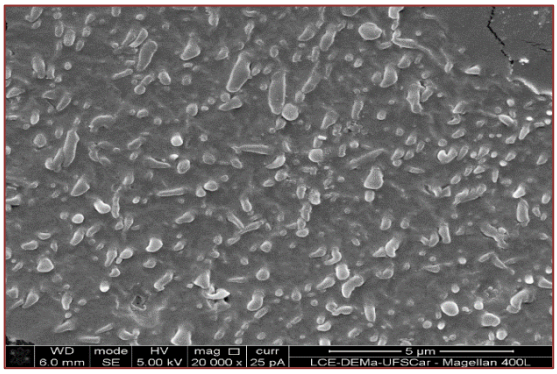

(d)



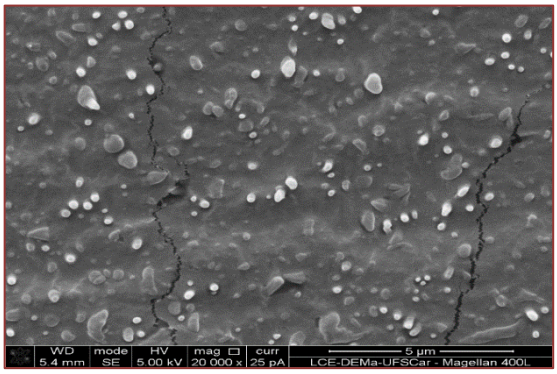

(e)




(f)




(g)




(h)

Os filmes processados por extrusão apresentaram uma rugosidade menos acentuada, como pode ser claramente observado nas micrografias apresentadas na Figura 5 (a), sem sinais de cavidades. A menor rugosidade da matriz pode estar ligada à inversão de fases ocorrida, visto que essa amostra já contém maior quantidade de amido e apresenta uma matriz mais rígida, também observada na literatura [12]. Os filmes processados por $S^3P$ com quantidades de amido entre 50 e 60% em massa do total (Figura 5 (a), (b), (c) e (d)), apresentaram maior quantidade de grânulos de amido nativo que não foram plastificados durante o processamento, com relação aos processados por extrusão, corroborando com os resultados obtidos por propriedades mecânicas apresentadas por estas amostras. A amostra processada por extrusão apresenta uma superfície com menor rugosidade, menor presença de trincas e maior homogeneidade, o que acompanha os resultados de resistência à tração maiores obtidos [26, 27, 35]. A amostra 70/30 processada por extrusão convencional (Figura 5 (e) e (f)), apresentou trincas, sem indícios de porosidade e uma menor rugosidade. Já a amostra processada via $S^3P$ apresentou uma superfície com maior rugosidade e presença de trincas, com alguns pontos de grande deformação superficial. Conforme aumenta-se a quantidade de TPS na blenda, observa-se uma superfície com menor rugosidade. No caso da amostra TPS/PBAT 70/30 processada via $S^3P$, pode-se observar uma rugosidade elevada [12, 36]. Observa-se na micrografia das amostras a presença da fase dispersa de PBAT e grânulos de amido não plastificado, em ambas as técnicas de processamento. A amostra processada por extrusão possui uma maior quantidade desses grânulos. As partículas da fase dispersa da amostra 80EXT aparentam estar mais aglomeradas, em comparação à amostra 80S3P. A presença de grânulos de amido não plastificado interfere significativamente nas propriedades mecânicas do material, fragilizando-o. Comparativamente, as propriedades mecânicas das amostras processadas por $S^3P$ e com altos teores de amido (70 e 80% em massa do total) apresentaram propriedades de resistência à tração similares ou superiores às amostras processadas por extrusão.

## 4. CONCLUSÃO

O processamento de amido termoplástico através da técnica de processamento $S^3P$ demonstrou-se estável e de maior facilidade de processamento para o TPS, quando comparada à extrusão convencional, pois neste último, o amido absorve muita umidade do ambiente, visto que o mesmo não está na presença de PBAT, dificultando o manuseio e a alimentação do equipamento. Os materiais com alto teor de amido produzidos por $S^3P$ apresentaram aspecto visual superior aos produzidos por extrusão, juntamente com alta processabilidade e integridade mecânica. As propriedades mecânicas obtidas pela técnica de extrusão apresentaram-se superiores, juntamente com menor absorção de umidade, sendo notado com maior facilidade nas amostras com menores quantidades de amido termoplástico em sua composição (50 e 60%, em massa). As amostras com maiores quantidades de amido termoplástico (70 e 80% em massa) apresentaram resultados de propriedade mecânica similares em ambas as técnicas de processamento. Através da análise de MEV e MOLP, foi observado a presença de grânulos de amido nativo na morfologia das blendas, principalmente na amostra TPS/PBAT 60/40 produzida por $S^3P$. Notou-se também, através das propriedades mecânicas e morfológicas, uma inversão de fases, conforme aumentou-se a quantidade de amido na composição das blendas (60, 70 e 80% em massa do total), evedenciando um aumento na propriedade mecânica de alongamento na ruptura. Através dos resultados de DMTA, as amostras processadas por extrusão convencional apresentaram menores valores de Tan Delta, o que indica uma melhor interação entre as fases presentes na blenda, acompanhando os resultados de propriedade mecânica obtidos. Observou-se também uma menor Tg para a blenda TPS/PBAT 60/40 processada por extrusão, o que pode indicar uma maior plastificação do amido neste caso, acompanhando os resultados obtidos via MEV. A retrogradação das blendas de amido termoplástico foi confirmada através da análise de DRX e MOLP, onde notou-se aumento no índice de cristalinidade total das amostras e de suas fases cristalinas, e birrefringência. Através dos resultados de índice de cristalinidade obtidos, a técnica de processamento $S^3P$ apresentou maior retrogradação, em comparação às amostras processadas por extrusão.

A ausência de estudos sobre processamento de amido termoplástico utilizando-se da técnica aqui empregada justifica algumas das dificuldades encontradas. Deve-se encontrar formas mais eficazes de plastificação do amido através destes procedimentos, bem como, a utilização de equipamentos adequados, os quais evitariam diversas dificuldades encontradas durante o processamento das blendas, como a absorção de umidade do material. Entretanto, dificuldades apresentadas na literatura e conhecidas por nosso grupo de pesquisa, puderam ser superadas e um bom resultado foi obtido. A técnica de processamento $S^3P$ demonstrou ser promissora na produção de filmes de amido termoplástico com PBAT, apresentando filmes com boa estabilidade no processamento, integridade mecânica, ótimo aspecto visual e facilidade no manuseio, sem a utilização de compatibilizantes ou aditivos em geral.

## REFERÊNCIAS


[1] Halley, P. and L. Avérous, Starch polymers: from genetic engineering to green applications. 2014: Newnes.

[2] Jacob, R.F., Estudo das Propriedades das Blendas de Amido Termoplástico e Látex Natural. 2006, Universidade de São Paulo.

[3] Forlin, F.J. and J.d.A.F. Faria, Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. Polímeros: ciência e tecnologia, 2002. 12(1): p. 1-10.

[4] Avérous, L. and P.J. Halley, Biocomposites based on plasticized starch. Biofuels, bioproducts and biorefining, 2009. 3(3): p. 329-343.

[5] Souza, R.C. and C.T. Andrade, Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 2000. 10(1): p. 24-30.

[6] Carvalho, A.J.F., et al., Thermoplastic starch modification during melt processing: hydrolysis catalyzed by carboxylic acids. Carbohydrate Polymers, 2005. 62(4): p. 387-390.

[7] Zhang, Y., C. Rempel, and Q. Liu, Thermoplastic starch processing and characteristics—a review. Critical reviews in food science and nutrition, 2014. 54(10): p. 1353-1370.

[8] Utracki, L.A., Polymer blends and alloys. 1990.

[9] Sarazin, P., et al., Binary and ternary blends of polylactide, polycaprolactone and thermoplastic starch. Polymer, 2008. 49(2): p. 599-609.

[10] Silva, J.B.A.d., PREPARAÇÃO DE NANOBIOCOMPÓSITOS REFORÇADOS COM NANOWHISKERS DE CELULOSE. 2013: Bahia.

[11] Brandelero, R.P.H., M.V. Grossmann, and F. Yamashita, Hidrofilicidade de Filmes de Amido/Poli (Butileno Adipato Co-Tereftalato)(Pbat) Adicionados de Tween 80 e Óleo de Soja. Polímeros, 2013. 23(2): p. 270-275.

[12] Li, J., et al., Comparative study on the blends of PBS/thermoplastic starch prepared from waxy and normal corn starches. Starch-Stärke, 2013. 65(9-10): p. 831-839.

[13] Paul, D.R. and C.B. Bucknall, Polymer blends. 2000: Wiley.

[14] Raquez, J.M., et al., In situ compatibilization of maleated thermoplastic starch/polyester melt-blends by reactive extrusion. Polymer Engineering & Science, 2008. 48(9): p. 1747-1754.

[15] Kalambur, S. and S.S. Rizvi, Biodegradable and functionally superior starch–polyester nanocomposites from reactive extrusion. Journal of Applied Polymer Science, 2005. 96(4): p. 1072-1082.

[16] Fakhouri, F.M., et al., Comparative study of processing methods for starch/gelatin films. Carbohydrate polymers, 2013. 95(2): p. 681-689.

[17] Arieta, P.d.F., CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE AMIDO DE MILHO. 2014: UFRJ, Rio de Janeiro.

[18] Khait, K., S.H. Carr, and M.H. Mack, Solid-state shear pulverization. 2001: CRC Press.

[19] Walker, A.M., Y. Tao, and J.M. Torkelson, Polyethylene/starch blends with enhanced oxygen barrier and mechanical properties: Effect of granule morphology damage by solid-state shear pulverization. Polymer, 2007. 48(4): p. 1066-1074.

[20] Lebovitz, A.H., K. Khait, and J.M. Torkelson, In situ block copolymer formation during solid-state shear pulverization: an explanation for blend compatibilization via interpolymer radical reactions. Macromolecules, 2002. 35(26): p. 9716-9722.

[21] Lebovitz, A.H., K. Khait, and J.M. Torkelson, Stabilization of dispersed phase to static coarsening: polymer blend compatibilization via solid-state shear pulverization. Macromolecules, 2002. 35(23): p. 8672-8675.

[22] Canevarolo Jr, S.V., Técnicas de caracterização de polímeros. Artliber, São Paulo, 2004. 430(2004).

[23] Pelissari, F.M., et al., Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch– chitosan films incorporated with oregano essential oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009. 57(16): p. 7499-7504.

[24] Van Soest, J. and N. Knooren, Influence of glycerol and water content on the structure and properties of extruded starch plastic sheets during aging. Journal of Applied Polymer Science, 1997. 64(7): p. 1411-1422.

[25] González-Seligra, P., et al., Influence of extrusion process conditions on starch film morphology. LWT-Food Science and Technology, 2017.

[26] e Moraes, A.R.F., et al., Starch, cellulose acetate and polyester biodegradable sheets: Effect of composition and processing conditions. Materials Science and Engineering: C, 2017. 78: p. 932-941.

[27] Brandelero, R.P.H., F. Yamashita, and M.V.E. Grossmann, The effect of surfactant Tween 80 on the hydrophilicity, water vapor permeation, and the mechanical properties of cassava starch and poly (butylene adipate-co-terephthalate)(PBAT) blend films. Carbohydrate Polymers, 2010. 82(4): p. 1102-1109.

[28] Mali, S., et al., Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. Carbohydrate Polymers, 2005. 60(3): p. 283-289.

[29] Fakhouri, F.M., et al., Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. Postharvest biology and technology, 2015. 109: p. 57-64.

[30] Fakhoury, F.M., et al., Edible films made from blends of manioc starch and gelatin–Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. LWT-Food Science and Technology, 2012. 49(1): p. 149-154.

[31] John, J., R. Mani, and M. Bhattacharya, Evaluation of compatibility and properties of biodegradable polyester blends. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 2002. 40(12): p. 2003-2014.

[32] da Silva, J.B., et al., Effect of source and interaction with nanocellulose cassava starch, glycerol and the properties of films bionanocomposites. Materials Today: Proceedings, 2015. 2(1): p. 200-207.

[33] de Morais Teixeira, E., et al. Preparation and characterisation of thermoplastic starches from cassava starch, cassava root and cassava bagasse. in Macromolecular Symposia. 2005. Wiley Online Library.

[34] van Soest, J.J., et al., Crystallinity in starch bioplastics. Industrial Crops and Products, 1996. 5(1): p. 11-22.

[35] Yu, L. and G. Christie, Microstructure and mechanical properties of orientated thermoplastic starches. Journal of materials science, 2005. 40(1): p. 111-116.

[36] Olivato, J., et al., Starch/polyester films: simultaneous optimisation of the properties for the production of biodegradable plastic bags. Polímeros, 2013. 23(1): p. 32-36.

# Capítulo 3

## Aproximación a la Ecología Política de la Basura y los Residuos

*Daniel Prieto Sánchez*
*Peter Herman May*
*Cícero Augusto Prudêncio Pimenteira*
*Marisol Valencia Orrego*
*Luisa Fernanda Tovar Cortés*

Resumen: En América Latina y el Caribe se están desarrollando reflexiones desde la ecología política orientadas hacia la construcción de una teoría crítica que posibilite el estudio de los conflictos ecológicos causados por los desperdicios y la contaminación en el Sur Global. De esta forma, académicos, investigadores, activistas y movimientos sociales han avanzado hacia la fundamentación de una 'Ecología Política' que posibilite el estudio de los conflictos relacionados con la reproducción de una crisis cualitativa y cuantitativa de la basura asentada en un modelo hegemónico y capitalista de gestión y disposición final de basuras en rellenos sanitarios controlados, vertederos y basureros a cielo abierto que se hallan instalados, comúnmente, en áreas periurbanas y rurales de las ciudades. Esta doble crisis no solamente incide sobre la producción de desperdicios y la contaminación, sino también en la crisis por la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. La degradación ambiental de los ecosistemas causada por estos conflictos también ha comprometido la alteración de las condiciones sanitarias y saludables que sustentan la vida humana y las actividades sociales, económicas y culturales de las comunidades que habitan en estas 'zonas de sacrificio'. Por tanto, es posible evidenciar fenómenos propios a la disociación de la dialéctica sociedad-naturaleza, la ruptura del metabolismo social, y las consecuencias nocivas de la subsunción real y formal de la basura bajo el capital. En este orden, el objetivo de este capítulo de libro consiste en realizar una aproximación a ciertas categorías teóricas y críticas que están fundamentando la estructuración de la 'Ecología Política de la Basura y los Residuos' a través del análisis de diferentes contribuciones transdisciplinares que no solo apuntan al estudio de los conflictos por los desperdicios y la contaminación, sino que coinciden en la necesidad de construir alternativas sustentables, saludables y democráticas a la doble crisis de la basura en el Sur Global.

Palabras clave: Basura, crisis, ecología política, ruptura metabólica, residuos, contaminación.

## 1. INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe (ALC) se están reproduciendo conflictos socioambientales por la basura, los residuos y la contaminación. Se trata de conflictos que expresan una crisis cuantitativa y cualitativa de dimensiones globales, que involucran a empresas de aseo y gerenciamiento de sitios de disposición final, el Estado y una diversidad de actores sociales. Comunidades afectadas en su salud y bienestar, activistas ambientales, movimientos y organizaciones sociales, como también los trabajadores y trabajadoras del reciclaje que desempeñan su oficio, agencian luchas comunes, resistencias y alternativas a esta crisis desde distintos territorios urbanos, periurbanos y rurales en el Sur Global.

Las grandes ciudades capitales de ALC como también los municipios que configuran los Estados nacionales en esta región, no son ajenos a los conflictos por la basura y contaminación, una vez se reconocen sus patrones de producción, consumo y generación de residuos, y las complicaciones asociadas con la prestación de servicios públicos domiciliarios, particularmente, en el servicio público de aseo en su componente de gestión integrada de residuos. La instalación y puesta en operación de rellenos sanitarios controlados, celdas de contingencia e incluso vertederos a cielo abierto sin ningún tipo de fiscalización de los órganos de control, son apenas los síntomas de una crisis que está degradando territorios mediante la (re)producción de emergencias y catástrofes sanitarias y ambientales que agudizan esta crisis por los desperdicios y la contaminación.

En este campo de estudio es necesario realizar algunas precisiones conceptuales. Aunque culturalmente los 'residuos', los 'desperdicios' y la 'basura' se utilicen como sinónimos, en este capítulo deben entenderse como el resultado del quinto proceso del metabolismo social denominado *excreción* y que le sucede a la apropiación, la transformación, la distribución y el consumo (TOLEDO Y GONZALEZ, 2007; TOLEDO, 2008, 2013). Sin embargo, "de los residuos excretados solamente la materia que no reingresa al circuito metabólico transita de residuo a basura o desecho" (SOLIZ, 2016, p. 33). De acuerdo con esta diferenciación, se utilizará 'desperdicios' y 'desechos' como sinónimo de 'basura' y, por su parte, 'residuos' para resaltar el transito desde la generación inmediata en el circuito metabólico, la pérdida de su potencial de aprovechamiento energético para su reinserción en dicho circuito y su transformación ultima en 'basura'. Desde el enfoque de la ecología política se entiende, por consiguiente, que una parte significativa de los residuos sólidos no urbanos no reingresa en el circuito del metabolismo social y, por tanto, se transforma materialmente de 'residuo' a 'basura' cuyo destino final está determinando por el esquema de prestación del servicio público de aseo de cada ciudad.

Desde el enfoque de la ecología política que posibilita diálogos transdisciplinares, este conflicto socioambiental es la expresión de una doble crisis de la basura que se caracteriza por sus dimensiones cualitativas y cuantitativas (SOLÍZ. 2016, 2017) y se materializa biofísicamente en la producción de 'paisajes tóxicos' (MOLANO, 2019) caracterizados por el deterioro territorial y ambiental. Este conflicto devela un aspecto de la disociación sociedad-naturaleza y las implicaciones nocivas e insostenibles del circuito del metabolismo social subordinado al capital. El modelo de producción de las sociedades del Norte Global impuesto sobre el Sur Global ha significado la aceleración del flujo de consumo de energía, producción de materiales y generación de residuos. No obstante, la asimetría de este proceso ha provocado el desplazamiento geográfico de los efectos más nocivos e insalubres de dicha aceleración hacia el Sur Global, donde los mecanismos de extracción de energía, producción de materiales y de disposición final de residuos y basura generada son factores determinantes de estos conflictos.

Desde los estudios de la ecología política y la economía ecológica se ha advertido sobre cómo estas asimetrías en la aceleración de las fuerzas de consumo de energía, producción de materiales y generación de residuos en el capitalismo ha agravado las desigualdades sociales, espaciales y temporales (MARTÍNEZ-ALIER, 2004, 2007; MARTÍNEZ-ALIER Y ROCA-JUSMET, 2015; MARTÍNEZ-ALIER Y MURADIAN, 2015; SOLÍZ ET AL. 2017). A su vez, es un factor determinante para el aumento de las cargas tóxicas y contaminantes en el Sur y por tanto, de la degradación acelerada de sus ecosistemas. En este sentido, se ha propuesto una *ecología política de la basura* – a la cual proponemos adicionar la dimensión de los *residuos* – que se contrapone al modelo hegemónico y capitalista de la gestión de los residuos y se encamina hacia la comprensión crítica de una crisis cualitativa y cuantitativa de los desperdicios fundamentada en "un proceso metabólico fisurado, insano, producto de una relación violenta y asimétrica entre sociedades explotadas y sus naturalezas vivas" (SOLÍZ, 2017, p. 21). Este vértice de la ecología política, por tanto, se sitúa en el estudio de los factores e implicaciones sociales, políticas, económicas y ambientales de la *ruptura metabólica* que propicia la (re)producción de la crisis cuantitativa y cualitativa de los desperdicios y la contaminación.

Siguiendo el argumento de Solíz (2017), para entender la doble dimensión de esta crisis debemos retomar la categoría de la subsunción formal y real del trabajo al capital que se encuentra desarrollada en los estudios clásicos de Marx y sucesivos autores que a lo largo de los siglos XX y XXI han incorporado sus ideas desde el pensamiento de la complejidad ambiental, la dialéctica sociedad-naturaleza y la ruptura del metabolismo social en los debates urgentes sobre la reproducción de los conflictos socioambientales en la coyuntura de la triple crisis planetaria por la contaminación, la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático.

Así, de cara a la doble crisis mencionada, se ha propuesto extender este diálogo teórico hacia la cuestión del consumo, la basura y los residuos. En este orden, la subordinación del trabajo, el consumo y los residuos al capital se constituye como un eje transversal de los procesos de urbanización de las sociedades contemporáneas y su expansión hacia las ruralidades en su forma de dispositivos físicos y simbólicos de explotación, degradación y contaminación de la naturaleza. En esta perspectiva, el conflicto por la generación masiva de desperdicios y la contaminación es una de las apariencias que cobra la disociación de la *dialéctica sociedad-naturaleza* que subyace a la *ruptura metabólica* mediada por la *subsunción real y formal* del trabajo, el consumo y la basura bajo el capital.

En este capítulo, entonces, apuntamos hacia una aproximación a esta propuesta que ha sido planteada por autores y autoras como Veraza, Solíz (2016) y Solíz et al (2017), en el horizonte de la relectura de los estudios clásicos de Marx y las reflexiones promovidas por corrientes del marxismo que fundamentan las perspectivas de la ecología política. A su vez, buscamos contribuir a la identificación de los referentes teóricos, analíticos y argumentativos que pueden posibilitar los estudios de los conflictos socioambientales por los residuos, la basura y la contaminación.

## 2. PARADIGMA ECOLÓGICO Y ECOLOGÍA POLÍTICA

El paradigma ecológico en el campo sociopolítico, económico y científico ha impulsado al estudio de conflictos derivados de la crisis ecológica global. Este paradigma "adopta una perspectiva biocéntrica opuesta al antropocentrismo que subordina la naturaleza como un todo al ser humano y es responsable por los comportamientos que causan la crisis ecológica" (GARRIDO et al, 2007, p. 16). Este paradigma ha estado constituyéndose a través de discusiones inter y transdiciplinarias en, por lo menos, cuatro horizontes señalados por Garrido et al. (2007): (a) la ciencia y el saber que envuelven la epistemología ecológica y de la complejidad; (b) la sociedad y la economía que incorpora las relaciones entre sociedad-naturaleza que reproducen el metabolismo social y los instrumentos económicos para formular políticas orientadas a la sustentabilidad; (c) la política y el Estado desde nuevos enfoques político, económicos y ambientales que adoptan los estudios étnico-raciales, de clase y de género; y no menos importante, (d) la construcción de una ética ecológica cuyos principios busquen la promoción de acciones comunitarias orientadas a la generación de beneficios sociales, económicos y ambientales que representen alternativas a la crisis ecológica.

De acuerdo con Garrido et al. (2007), esta crisis se evidencia por la degradación acelerada de los ecosistemas que posibilitan la vida humana. Los orígenes históricos y sociales de esta crisis son fuentes de estudio crítico de los determinantes sociohistóricos que inciden sobre el devenir de la especie humana en la Tierra. Desde esta mirada, Garrido et al. (2007) afirman que la crisis ecológica se está reproduciendo a través de por lo menos tres grandes procesos: agotamiento de los recursos disponibles, la contaminación de los ecosistemas y la saturación de los residuos excretados por los procesos de producción y consumo.

El paradigma ecológico ha provocado una estructuración conceptual en distintos campos del saber, que envuelve "no solamente el análisis de las relaciones entre la sociedad y naturaleza, sino el poder, los cambios sociales y las mediaciones a través de las cuales las sociedades evolucionan y cambian" (GARRIDO et al., 2007, p. 20). En este sentido, áreas como la Ecología Política y la Economía Ecológica han demarcado un camino sustancial y revolucionario el sentido de sus abordajes teóricos, analíticos y metodológicos heterodoxos sobre los conflictos socioambientales.

La *Economía Ecológica* viene demostrando que, al contrario de lo que sustenta la economía ortodoxa y antropocéntrica, la economía está insertada en el campo de las instituciones construidas a través de las relaciones sociales de poder y los ecosistemas, es decir, la biosfera (MARTÍNEZ-ALIER Y ROCA-JUSMET, 2015; MARTÍNEZ-ALIER Y MURADIAN, 2015). Este es uno de los campos científicos que se han desarrollado dentro del paradigma ecológico ocupándose, específicamente, de la "organización de los flujos de energía y materiales a través de las instituciones como el mercado, instrumentos y convenciones para conseguir la sustentabilidad" (GARRIDO et al., 2007, p. 23). Entretanto, en las últimas cuatro décadas

se ha constituido el enfoque crítico y transdisciplinar de la *Ecología Política*. Según el economista Martínez-Alier (2004, 2007, 2015, 2017), la Ecología Política se debe comprender como el estudio de los conflictos ecológicos y socioambientales. De esta forma, la tipificación de estos es, al mismo tiempo, una síntesis de los estudios que se están desarrollando en un campo de disputas mediadas por las relaciones sociales de poder entre distintos actores en distintos territorios del mundo, particularmente, en el Sur Global. Martínez-Alier y Jusmet-Roca (2015) señalan que estos conflictos han sido objeto de análisis entre la Ecología Política y la Economía Ecológica para la búsqueda de la sustentabilidad ecológica mediante la integración de las discusiones de saberes y conocimientos transdiciplinarios. Sin embargo, no solo ha sido posible desde el pensamiento heterogéneo de la comunidad científica, sino también a través de las luchas, resistencias y alternativas de los movimientos sociales, étnicos, feministas y ambientalistas, entre otros.

La ecología política viene estudiando estos conflictos y los distintos lenguajes de valoración utilizados por los actores involucrados, asumiendo tanto la dialéctica naturaleza-sociedad como la aceleración y ruptura del 'metabolismo de la sociedad' o 'metabolismo social' en la perspectiva apuntada por Marx y desarrollada a lo largo del siglo XX y XXI. De acuerdo con Foster (1999, 2013), la teoría de la *ruptura metabólica* que se ha construido a partir de la obra clásica de Marx se ha convertido en una significativa crítica de la relación entre la naturaleza y la sociedad capitalista contemporánea. De la misma forma, se ha suscitado una visión ecológica del mundo que está "trascendiendo visiones entre las ciencias naturales y sociales y permitiendo percibir las formas concretas por las cuales las contradicciones de la acumulación del capital están generando crisis y catástrofes ecológicas" (FOSTER, 2013, p. 1).

Este es el caso de los conflictos por los desechos y la contaminación, pues implican luchas por los riesgos de los metales pesados, la seguridad de los consumidores y la ciudadanía, la exportación de residuos y desechos tóxicos, sólidos o líquidos, la contaminación transfronteriza y la lucha por la igualdad de derechos sobre los sumideros de carbono, también conocida como la deuda de carbono y, en general, las deudas ecológicas del Norte con el Sur Global (MARTÍNEZ-ALIER, 2004; MARTÍNEZ-ALIER y ROCA-JUSMET, 2015). Este tipo de conflictos ecológicos distributivos como han sido llamados por Martínez-Alier (2007), sin estar exceptos de controversia, están vinculados con movimientos de resistencia ubicados a nivel local e internacional. Para Martínez-Alier y Roca-Jusmet (2015), estos merecen especial atención, ya que estos conflictos sujetos de estudio de la ecología política también están relacionados con los estudios de la economía ecológica y tienen el potencial de ser una fuerza importante para este campo disputas académicas, científicas y sociopolíticas.

No es posible avanzar sin antes llamar la atención sobre cómo en el paradigma ecológico, especialmente, en las ciencias sociales se han tendido puentes con las leyes físicas de la termodinámica para comprender la finitud de la energía y de los recursos naturales bajo el principio de la conservación; la irreversibilidad de las transformaciones de la energía; y su disipación en los términos de la 'Ley de la Entropía'. Dicho de otro modo, se trata de dimensionar e incorporar el comportamiento físico de la temperatura, la energía y la entropía en la estructura de este paradigma, dado que la termodinámica "nos muestra la representación de la naturaleza, la vida y la energía marcada por la finitud, la irreversibilidad y la entropía (costo y degradación) inevitablemente ligada al cambio y al movimiento" (GARRIDO, 2007, p. 45). No obstante, no se limita a la comprensión, sino que se extrapola a la construcción de alternativas sustentables y negentrópicas (PORTO, ROCHA y FASANELLO, 2021) para la recuperación y aprovechamiento de la energía, que han emergido en el ámbito, precisamente, de los distintos movimientos sociales, comunitario y populares envueltos también en conflictos socioambientales en respuesta a las soluciones eficientistas del llamado capitalismo verde y sostenible.

En el contexto de la pandemia del virus SARS-CoV-2 (COVID-19) hemos podido observar y presenciar el incremento y complejidad de la generación de residuos cada vez más nocivos, contaminantes y peligrosos. Desde una mirada interdisciplinar de la ecología política y la geografía crítica, la investigadora en salud colectiva Solíz (2015) argumenta que esta doble crisis afecta los ciclos reproductivos de la naturaleza y afirma que es "la primera vez en la historia de la humanidad que la cantidad de residuos excede la capacidad de la naturaleza para reabsorberlos y su nocividad pone en riesgo la reproducción de la vida" (SOLÍZ, 2015, p. 5). De la misma manera, Martínez-Alier (2017) en el prefacio de *Ecología política de la basura: Pensando los residuos desde el Sur Global* de Solíz et al. (2017) advierte que "en los estudios de economía ecológica y ecología política es fácil olvidarse de los residuos sólidos industriales y urbanos ante la enormidad de procesos extractivos que afectan los confines del planeta" (MARTÍNEZ-ALIER, 2017, p. 15).



Ante este escenario, "la ecología política de los residuos urbanos e industriales es un capítulo que debe profundizarse" y el llamado debe implicar la interdisciplinariedad en la búsqueda de soluciones "socialmente justas y ambientalmente sustentables" (MARTÍNEZ-ALIER, 2017, p. 17). Es en este vértice de

ecología política que se plantea esta urgencia en el análisis de los conflictos propiciados por la doble crisis de la basura en el mundo, "como resultado de la ruptura dialéctica entre sociedad y naturaleza y como mutación del quinto proceso del metabolismo social, la excreción" (SOLÍZ, 2016, p. 51). Además, "es así como la ecología política reconoce que son los modelos societales y las relaciones de poder, las que determinan el tipo y magnitud de la apropiación, trasformación, consumo de naturaleza viva, y con ello la calidad y cantidad del quinto proceso del metabolismo social, la excreción" (SOLÍZ, 2017, p. 23).

## 3. ECOLOGÍA POLÍTICA DE LA BASURA Y LOS RESIDUOS

Solíz (2016, 2017) argumenta que es la existencia de nuestras realidades históricas, políticas, sociales y ambientales en el Sur Global la que impulsan la construcción teórica de la ecología política de la basura y su adhesión a la corriente del ecologismo popular. Esta construcción considera dos posiciones orientadoras. La primera que cuestiona las visiones reduccionistas basadas en el pragmatismo y el instrumentalismo, y que presenta la innovación tecnológica como principal solución a la crisis mundial de la basura. Este carácter desarrollista del 'evangelio' de la ecoeficiencia es una postura hegemónica y dominante que transformó los residuos en una mercancía. Solíz (2016) señala en su investigación sobre salud colectiva y ecología política en la que desarrolla un análisis sociohistórico de la crisis de la basura en Ecuador, que los grupos dominantes nacionales y transnacionales han logrado estructurar un mercado de basura que les permite ofrecer y vender aparentes mecanismos de desarrollo limpio y tecnologías de eficiencia energética en diferentes países. Aparentes porque estas tecnologías para el tratamiento de residuos son una fuente adicional de generación de valor agregado de este mercado que han estructurado, pero que no resuelven y sí perpetúan la crisis de la basura. Y un segundo elemento que evoca el compromiso ético y político de la investigación científica. Frente a los conflictos por los desechos y la contaminación y la crisis mundial de la basura, Solíz (2016) apunta que :

> "(…) es necesario resaltar la determinación social de esta crisis, los responsables y la estructura de generación y profundización, pero principalmente, visibilizar los criterios que definen las políticas públicas para el manejo de residuos y su complicidad en subsidiar a los verdaderos generadores y ubicar basureros, rellenos sanitarios, incineradores, etc., en comunidades o barrios empobrecidos" (SOLÍZ, 2016, p. 18).

Con esta mirada sobre la construcción de una teorización crítica de la basura, científica, inter y transdisciplinaria y comprometida con los movimientos sociales no solamente se pretende denunciar las aparentes soluciones a la crisis, sino estudiar y acompañar las luchas contrahegemónicas al compás de una praxis transformadora y una estructuración teórica rigurosa. Solíz (2016) destaca que la teorización crítica de la basura desde la ecología política tiene como punto de partida la idea de la ruptura metabólica apuntada por Liebig en 1862 y posteriormente citada y desarrollada por Marx (SOLÍZ, 2016). Así, además de los estudios clásicos de Marx, esta teorización cita trabajos de autores como el economista Jorge Veraza y Manuel González, el economista y sociólogo Enrique Leff, el sociólogo Bellamy Foster y el biólogo Víctor Toledo. Sin embargo, no se pretende desconocer las contribuciones que ya puedan existir con relación a este debate sobre la crisis de la basura desde la ecología política y de otras áreas de las ciencias sociales aplicadas o corrientes de pensamiento como el ecosocialismo y el ecofeminismo, entre otras que pueden apoyar y contribuir a estos análisis.

La ecología política, entendida como una forma de entender las relaciones sociales y de poder entre las sociedades y la naturaleza, enfatiza el pensamiento de la complejidad ambiental que implica el reconocimiento de las mencionadas disociaciones y su reciprocidad, pero sobre todo que sirve para sustentar esta propuesta de teorización crítica de la basura. Surge así la cuestión de la dialéctica de la naturaleza. Solíz (2017, p. 26) trae las ideas del sociólogo Bellamy Foster sobre este enfoque dialéctico que rompe la limitación de la adaptación al medio y destaca las relaciones de reciprocidad que allí se reproducen. Parte de estas ideas se condensan en su obra titulada "*Marx's Ecology: materialism and nature*" (2000), en la que argumenta – a partir de lo que señala como una premisa simple – que "para comprender los orígenes de la ecología es necesario comprender las nuevas visiones de la naturaleza que surgieron con el desarrollo del materialismo y la ciencia de los siglos XVII al XIX" (FOSTER, 2000, p. 11).



Según Bellamy (2000), adoptar un enfoque dialéctico "nos obliga a reconocer que los organismos en general no solo se adaptan a su entorno, sino que también lo afectan de diferentes maneras y, al afectarlo, lo modifican" (FOSTER, 2000, p. 38). En esta línea, Solíz (2017) agrega que estas relaciones son dialécticas,

es decir, esta es una relación de interacción, es recíproca y, por tanto, "una comunidad ecológica y su entorno deben ser considerados como un todo dialéctico, en el que se integran diferentes niveles de la existencia son ontológicamente importantes" (FOSTER, 2000, p. 38). De esta forma, la obra de Foster (2000, 2013) también busca debatir con aquellas posiciones que intentan caracterizar a Marx como un pensador 'antiecologista', a través del análisis de la concepción materialista de la naturaleza y la historia, así como del metabolismo de la naturaleza y la sociedad, que aparecen en obras de Marx; incluso desde la época en que trabajaba como redactor del periódico 'Gazeta Renana' cuando planteó cuestionamientos críticos sobre la ley contra el robo de madera promovida por los propietarios de bosques en Alemania – que incluía los residuos de madera caídos al suelo –, la mercantilización de la naturaleza y otros temas desarrollados por un joven Marx a principios de la década de 1840. Esta serie de artículos fue recopilada por Daniel Bensaïd en la obra Los desposeídos (2017), así mismo, Michael Lowy también nos ofrece un análisis de estos en su libro "La teoría de la revolución en el joven Marx", publicado por primera vez en 1970.

En el Libro III de El Capital de Marx (2017), sobre el proceso global de producción capitalista, por ejemplo, se puede examinar su abordaje del tema del desperdicio a partir del cual argumenta que en el modo de producción capitalista si bien existe un uso de residuos de la producción y el consumo, sin embargo, también en la sociedad capitalista hay un "desperdicio colosal" de los mismos (MARX, 2017). Así, Marx (2017) argumenta que junto con el aumento de los costos de producción, también se produce un encarecimiento de las materias primas que estimulaba, en su época, la reutilización de los residuos de consumo que eran producido en gran escala, por ejemplo, en áreas como la manufactura y la agricultura. Esta idea nos permite pensar que en el modo de producción capitalista hay un gran desperdicio tanto de materias primas como de fuerza de trabajo humana. En parte, esto se debe al uso de maquinaria inadecuada que genera cantidades masivas de residuos. Sin embargo, los residuos siguen desempeñando un papel importante en la industria que debe ser examinado por su posibilidad de inserción en el ciclo metabólico para su reutilización, su reinserción en las cadenas productivas, en las fluctuaciones de los precios de las materias primas o, también, en la reducción de los residuos y basuras enviadas para su disposición final en rellenos sanitarios, vertederos a cielo abierto e incluso cuerpos de agua.

Otros desarrollos importantes de la argumentación de Bellamy Foster se encuentran en sus sucesivas obras y cabe destacar "The Ecology of Marxian Political Economy" (2011), "Marx and the Rift in the Universal Metabolism of Nature" (2013), "Marx, Value, and Nature" (2018) y su más reciente publicación, "The Return of Nature: Socialism and Ecology" (2020), que muestra las raíces de los argumentos ecológicos críticos a través del estudio de pensadores desde Epicuro hasta Darwin y las mismas obras clásicas de Marx. A través de estos análisis es posible comprender cómo la recuperación del argumento ecológico de Marx, que exponen la relación entre la naturaleza y la sociedad capitalista, ha estado sustentado la teorización crítica de la ruptura metabólica. Sin embargo, es importante destacar la influencia de la obra del químico agrícola alemán del siglo XIX Justus von Liebig a través de su proposición de "ley de sustitución natural-material" o ley de compensación, la cual contribuye al entendimiento de la reproducción ecológica (FOSTER, 2018, p. 4).

Foster (2013) argumenta que la dialéctica de la naturaleza también tuvo y tiene importantes críticas:

> "El estatus problemático de la dialéctica de la naturaleza en la teoría marxista tiene su fuente clásica en la famosa nota a pie de página de Georg Lukács en Historia y conciencia de clase. (...) Irónicamente, no fue otro que el propio Lukács quien, en un importante giro teórico, adoptó la posición más firme contra el abandono generalizado de la dialéctica de la naturaleza, argumentando que ésta golpeaba el corazón no sólo de la ontología de Engels sino también de la de Marx. Incluso en Historia y conciencia de clase, Lukács, siguiendo a Hegel, reconoció la existencia de una limitada "dialéctica meramente objetiva de la naturaleza" que consiste en una "dialéctica del movimiento presenciada por un observador eterno" (BELLAMY FOSTER, 2013).

Así, Bellamy Foster (2013) afirma que el redescubrimiento de este argumento ecológico de Marx está "trascendiendo las divisiones entre las ciencias naturales y las sociales y permitiéndonos percibir las formas concretas en que las contradicciones de la acumulación de capital están generando crisis y catástrofes ecológicas" (FOSTER, 2013, p. 1). Por consiguiente, para una ecología de la basura y los residuos, Solíz (2017) añade que adoptar este enfoque dialéctico y reconocer la relación dialéctica entre las sociedades y sus naturalezas, apoya la comprensión de que los residuos son "el resultado de la

interacción de las sociedades con sus ecosistemas, por lo que los residuos son un reflejo de los modelos de sociedad, de sus estructuras productivas y reproductivas y de las relaciones de poder" (SOLÍZ, 2017, p. 26).

La dialéctica de la naturaleza supone entonces una crítica a la ecología conservacionista y a la ecoeficiencia, ya que ambas reducen la doble crisis a un problema de gestión inadecuada que puede ser solucionado mediante protocolos de gestión técnicos y estandarizados que a la postre solo perpetúan la mercantilización de los residuos y la extracción de rentas para las empresas que explotan un servicio público. Y es en este horizonte de los modos de relación sociedad-naturaleza y sus rupturas metabólicas donde la propuesta de esta ecología política que propone estudia la doble dimensión de la crisis para buscar "explicar de qué manera los grupos de población organizados en sociedad, extraen, transforman, circulan producen y excretan la naturaleza" (SOLÍZ, 2016, p. 52).

Al respecto, Foster (2000; 2013; 2018) sostiene que la concepción del metabolismo social que también adquirió relevancia a partir del énfasis del filósofo Georg Lukács en la posthistoria y la conciencia de clase sobre la noción de metabolismo social de Marx:

> "(...) La concepción de Marx sobre el trabajo y la producción de la relación metabólica entre los seres humanos y la naturaleza externa fue la clave de la comprensión dialéctica del mundo natural. El ser humano podía entender la naturaleza dialécticamente dentro de sus límites porque formaba parte de ella orgánicamente, a través de sus propias relaciones metabólicas. Incluso un crítico tan agudo de la dialéctica de la naturaleza como Alfred Schmidt reconoció, en su 'Concepto de la Naturaleza en Marx', que sólo en los términos utilizados por Marx del "concepto de 'metabolismo', en el que "introdujo una comprensión completamente nueva de la relación del hombre con la naturaleza", podemos "hablar con sentido de una 'dialéctica de la naturaleza'" (FOSTER, 2013).

Más tarde lo abordaría el filósofo István Mészáros, en "Teoría de la alienación de Marx" de 1970 y "Más allá del capital" de 2002. Basándose en la categoría de "mediación" de Lukács, Mészáros (2002) hace una importante contribución a la comprensión del socio-metabolismo del capital mediante su estudio de las mediaciones de primer y segundo orden desde una perspectiva marxista. Por un lado, las mediaciones de segundo orden se componen de soportes instrumentales, alienantes y funcionales para el sistema de reproducción social del modo de producción y consumo capitalista. Son la familia nuclear, los medios de producción alienados, los objetivos fetichistas de la producción, el trabajo estructuralmente separado de las posibilidades de control, las variedades del estado del capital en el escenario global y el incontrolable mercado mundial. Por otro lado, las mediaciones de primer orden se sustentan en la complejidad de nuestras relaciones sociales, culturales, intelectuales, morales y materiales. Están condicionadas por la regulación de la actividad productiva biológica, la regulación del proceso laboral, el establecimiento de relaciones de intercambio adecuadas, la asignación racional de los recursos humanos y materiales disponibles, la promulgación y administración de normas y reglamentos de la sociedad en su conjunto; y la organización, coordinación y control de las actividades que aseguran y preservan la reproducción socio-metabólica. Ambos tipos de mediaciones apuntan a proyectos de sociedad taxativamente diferentes, entre ambos no existe una relación natural y armónica, por lo tanto, son proyectos irreconciliables (VALENCIA-ORREGO, 2019, p. 204).

Discutido en años posteriores en "Más allá del capital" (2002), Bellamy Foster (2018) explica que este análisis del marco conceptual de Mészáros implica la "relación triádica de humanidad-producción-naturaleza, constituyendo la producción una forma de mediación entre la humanidad y la naturaleza". De este modo, los seres humanos podrían ser concebidos como los seres 'auto-mediadores' de la naturaleza" (FOSTER, 2013, p. 4). Así, la comprensión de Lukács y Mészáros de la visión del metabolismo social no sólo logró recomponer las fracturas de la dialéctica y la ontología social y natural en el marxismo, sino que permite la realización de una crítica marxista de la crisis ecológica planetaria, que ya se debatía a mediados del siglo XX y mucho antes de la publicación de "Límites del crecimiento" (1972), resalta Foster (2018).

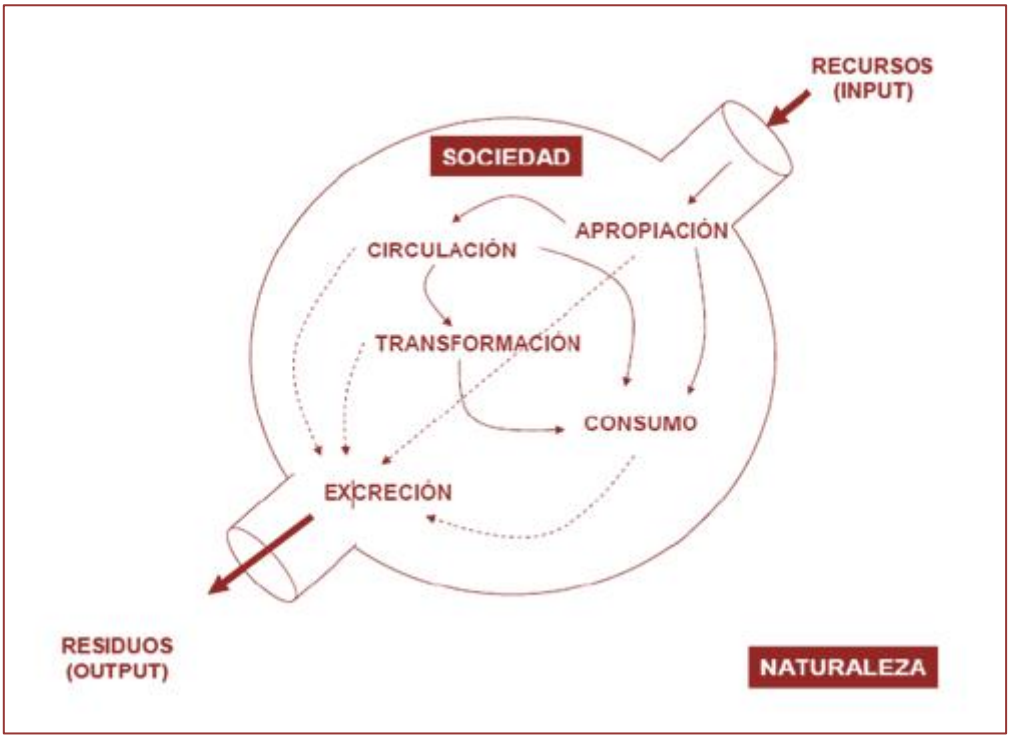


En América Latina y el Caribe también tenemos referencias importantes en esta discusión sobre el metabolismo social . Cabe mencionar los trabajos de Toledo (2008, 2013) y Toledo y González (2007), quienes desarrollan la categoría de metabolismo social. Toledo (2013) comenta que la decantación del concepto proviene de la tesis doctoral y posterior libro del mencionado filósofo alemán Alfred Schimdt,

"The Concept of Nature in Marx", publicado originalmente en 1962. Toledo (2013) señala que el estudio del metabolismo social es "hoy en día es quizás la herramienta teórica más poderosa para analizar conjuntamente las relaciones entre los procesos naturales y los procesos sociales" y por ello, la obra de Schmidt "se ha convertido en lectura obligada para los interesados en la articulación entre marxismo y ecología" (TOLEDO, 2013, p. 42).

El biólogo mexicano Toledo (2013) señala que el metabolismo social es "hoy es quizás el instrumento teórico más poderoso para analizar conjuntamente las relaciones entre los procesos naturales y los procesos sociales" (TOLEDO, 2013, p. 42). En concreto, el metabolismo sociedad-naturaleza reproduce tres tipos de flujos de materia y energía: flujos de entrada, flujos internos y flujos de salida. Este flujo dinamiza cinco procesos metabólicos: apropiación (A), transformación (T), distribución (D), consumo (C) y excreción (E) (TOLEDO, 2008, 2013; TOLEDO & GONZALEZ, 2007). Este último es la pieza clave en este trabajo "explicar cómo los grupos de población organizados en sociedad extraen, transforman, circulan, producen y excretan la naturaleza" (SOLÍZ, 2016, p. 52).

**Figura 1.** Los cinco procesos del metabolismo social




Fuente: Toledo (2008).

En el marco del estudio de este tipo de conflictos desde la ecología política – y en diálogo con la economía ecológica – la comprensión de estos cinco procesos fundamenta el análisis en el metabolismo propio de las sociedades industriales capitalistas, cuya principal fuente energética se basa en la extracción y producción de combustibles fósiles y energía atómica "a un ritmo superior a la capacidad de regeneración de la naturaleza, utiliza cantidades exorbitantes de energía exosomática para la transformación y circulación de los recursos y sostiene patrones de consumo alterados (sobreacumulación/infraconsumo)" (SOLÍZ, 2016, p. 53, traducción del autor).

Según Toledo (2008) y Toledo y González (2007) el metabolismo social no sólo debe entenderse en términos de la dimensión material y tangible de la apropiación de la naturaleza y la transferencia de energía y materiales entre las sociedades bajo el modo de producción y consumo del capital. Pero también comprendiendo las mediaciones entre dimensiones intangibles como la ideología, la cultura, el conocimiento, las instituciones y las cosmovisiones. En otras palabras, el metabolismo social es tan complejo porque se caracteriza, por un lado, por el flujo de energía y materiales en el marco de la interrelación sociedad-naturaleza y, por otro, por las instituciones y sus ámbitos político, jurídico, simbólico y social (TOLEDO Y GONZALEZ, 2007). En conjunto, el metabolismo social puede conducir a una

nueva teoría socioecológica (TOLEDO, 2013) con importantes puntos nodales en la economía ecológica, la ecología política y su énfasis en los residuos y la contaminación.

La excreción como resultante del quinto proceso metabólico es entonces no es una pieza única pero en el sentido de la especificidad sobre los desperdicios y la contaminación es clave porque "por un lado, permite comprender el modo de devenir, a partir de la determinación, de los procesos generativos de esta fisura y, por otro lado, determina las condiciones requeridas para fijar el movimiento dialéctico entre producción y reproducción de la vida" (SOLÍZ, 2016, p. 271). Por ello, es necesario no perder de vista los factores cualitativos y cuantitativos que resalta Solíz (2017), es decir, "la cantidad (si sobrepasa o no su capacidad de reciclaje) y calidad (si son asimilables o no por la naturaleza) de los residuos generados en el proceso de excreción constituye uno de los factores más relevantes para comprender el conflicto ambiental actual, pues es un corolario propio de las sociedades industriales."(SOLÍZ, 2017, p. 28). Sin embargo, además de estos factores, es sustancial entender que el proceso metabólico de excreción, en su dimensión cualitativa y cuantitativa, implica la reproducción constante de procesos metabólicos que también operan mediante el trabajo y el consumo bajo el capital en la era neoliberal.

## 4. LA SUBSUNCIÓN DE LA BASURA Y LOS RESIDUOS AL CAPITAL

La crisis planetaria de la contaminación y los residuos conlleva y nos compromete a construir caminos epistémicos, teóricos y metodológicos para el estudio, el análisis y la comprensión de fenómeno que se reproduce a través de simultáneos conflictos ecológicos en campos y ciudades. De acuerdo con Solíz (2016; 2017), para la teorización crítica de la basura "debemos volver a la categoría de subsunción formal y del trabajo elaborada por Marx (1974) y las categorías de subsunción formal y real del consumo propuestas por Veraza (2008)" (SOLÍZ, 2017, p. 33). El repaso desde la perspectiva de la ecología política de obras primigenias y clásicas de Marx como "*Early Writings*" (escritos entre 1833-1834) y *El Capital* (1867), hasta trabajos más contemporáneos como los del economista mexicano Jorge Veraza "*Los peligros de comer en el capitalismo*" (2007), "*Subsunción real del consumo al capital*" (2008) o "*La basura al final del día: Síntesis del Modo de Producción Capitalista*" (2008), son una importante contribución para el estudio de las transformaciones de la producción y el consumo bajo el capitalismo que han estructurado esta doble crisis. Asimismo, para construir un abordaje teórico que, por un lado, nos posibilite desarrollar una teoría crítica basada en la *subsunción formal y real de los residuos y la basura bajo capital* y, por otro, construir alternativas populares que cimenten nuevos caminos hacia la estructuración de una gestión integral de la basura y los residuos, pero sobre todo, una gestión sustentable y saludable para la biodiversidad y la vida humana.

> "La tecnología explotadora de plusvalor (fuerzas tecnológicas destructivas) se ve plasmada en la generación de valores de uso nocivo y en basura nociva, en tanto la estructura material de los valores de uso nocivo para los seres humanos, la explotación al trabajador, a la naturaleza y el proteccionismo selectivo de la empresa neoliberal, son elementos estructurales de la acumulación del capital" (SOLÍZ, 2017, p. 33-34).

En su obra *Subsunción real del consumo bajo el capital*, Veraza (2008) inicia su análisis apuntado que "'Subsunción'" es un término latino utilizado por Marx para aludir al fenómeno del sometimiento o subordinación del proceso de trabajo inmediato bajo el capital". La transición histórica del feudalismo al mercantilismo y luego al capitalismo significó una profunda transformación del mundo del trabajo, así como también ocurrió con el orden social o la organización política del Estado en sí mismo. En el marco de las revoluciones industriales del siglo XIX e inicios del XX esto se expresa en el perfeccionamiento tecnológico, organizativo y metódico del proceso del trabajo inmediato en función de la acumulación de capital o, en otras palabras, a la explotación del plusvalor sometida al capital (VERAZA, 2008). Este *sometimiento*, entonces, implica una *subsunción real del trabajo al capital*:

> "Esta es la columna vertebral de la modernidad pues de ella depende el conjunto de sometimientos posibles en la sociedad capitalista: los económicos, circulatorios, distributivos, consuntivos, así como los sociales, políticos, culturales y de la vida cotidiana" (VERAZA, 2008, p. 8).



Este conjunto de sometimientos funcionales a la acumulación del capital también incide sobre el consumo. Veraza (2008) señala que el sometimiento del consumo es estratégico para el sometimiento de todos los ámbitos de la sociedad capitalista, dado que el consumo sintetiza el conjunto de las relaciones sociales:

> "(…) porque es el momento final en el que queda englobado el proceso de vida de la sociedad, es decir, el momento a partir del cual se reproduce en términos celulares y espirituales cada individuo. No se extrae plusvalor en esos ámbitos, pero en ellos se garantiza que se explote plusvalor a todo lo largo y ancho del proceso de trabajo local, nacional y mundial" (VERAZA, 2008, p. 8).

De esta forma, Veraza (2008) sostiene que, dado que el consumo es una condición 'sintetizante' del conjunto de las relaciones sociales, por tanto, este supone una expresión del sistema de necesidades que es estructurado por este conjunto de individuos interrelacionados y sus múltiples necesidades. El estudio de este sistema posibilita comprender que tanto las necesidades como los diversos consumos se comunican entre sí, a través de las relaciones sociales y bajo el sometimiento de las políticas económicas que reproducen el capital.

Durante los últimos 30 años de implementación de los planes de ajuste estructural y las políticas económicas neoliberales, la subsunción real del trabajo y del consumo al capital ha tenido efectos materiales y no solo económicos o políticos. Estos efectos están siendo nocivos para la salud humana y el ambiente, por consiguiente, este sometimiento reproduce las condiciones para la degradación física – cualitativa y cuantitativa – de la naturaleza y de todas las formas de vida en la Tierra. En pocas palabras, se trata una vez más de la Ley de la Entropía.

A través de este análisis de la subsunción del consumo en distintos ámbitos de la vida humana se halla lo que para Veraza (2008) es el consumo inmediato más importante: el consumo alimentario. Evidentemente, nuestra reproducción social y la del trabajo en sí mismo dependen del metabolismo vital de cada individuo, es decir, de un proceso de nuestra propia alimentación que crea las condiciones favorables para la salud humana. Esto permite entrever la relación dialéctica entre sociedad-naturaleza en un grado más específico y material. El consumo alimentario es un reflejo de las relaciones de los seres humanos con la naturaleza y al mismo tiempo es un campo estratégico del sometimiento al capital:

> "Sobre la base de la relación general de los seres humanos con la naturaleza, es decir con su hábitat, con el alimento y con su propio organismo (con el estado de salud o enfermedad que presenten) ya se pueden levantar subsiguientes consumos sociales, por lo tanto esas relaciones de los seres humanos con la naturaleza son áreas que el capital tiene que someter" (VERAZA, 2008, p. 10).

En este orden, la subsunción del consumo del ambiente también se reproduce en las urbes, porque allí, al igual que en las ruralidades, es donde se reproduce la vida humana. Visto de otro modo, el capital a través de la implementación de las políticas neoliberales ha sido estratégico e integral en el sometimiento del consumo en escala local, regional y mundial. Por ello, el camino analítico que nos plantea Veraza (2008) conduce a exploración del sistema de necesidades y el descubrimiento de las diferentes formas de sometimiento real al capital en el marco del neoliberalismo. Así, en este marco de análisis del consumo de los servicios públicos domiciliarios en el capitalismo se presenta como un objeto de estudio transdisciplinar.

Servicios como el saneamiento básico, el agua potable, el alcantarillado, el gas domiciliar, la energía y la luz, y hasta la limpieza pública han sido sometidos al capital. Una lectura general por las constituciones políticas de los estados de América Latina y el Caribe (ALC) permiten encontrar elementos comunes en el proceso de transformación de la prestación de estos servicios. La implementación de los planes de ajuste estructural y apertura económica promovidos por el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional en las década de 1970 y 1980 han sido uno de los principales ejes de mediación para la formulación de marcos normativos funcionales a la mercantilización y la privatización de estos mismos servicios en diferentes áreas que – hasta la promulgación de las nuevas constituciones políticas en el periodo de la redemocratización postdictaduras –, eran ampliamente reguladas y controladas por el poder público del Estado. En efecto, uno de los servicios que ha sido subsumido al capital es el de la gestión de los residuos y de la basura, el cual ha sido una parte fundamental de los modelos de limpieza municipales desde finales del siglo XIX, y que ha estado sujeto a transformaciones técnicas y tecnológicas a lo largo del siglo XX y XXI.



El capitalismo se ha transfigurado de tal forma que el consumo ha quedado sometido de maneral real y profunda en su cantidad y forma sino también en la cualidad de los objetos de consumo (VERAZA, 2008). Las alternativas populares de consumo, entonces, atraviesan una tensa relación con las condiciones de

sometimiento en su lucha por la organización de prácticas más saludables y sustentables. Este es un campo de disputa primordial en el siglo XXI:

> "Por aquí deberá correr el desarrollo de las luchas obreras en los próximos lustros. ¿Por qué? Porque el problema de las alternativas de consumo no es cuantitativo, dinerario, sino cualitativo; es otro mundo el que se prefigura en el tipo de consumo diseñado por las clases populares. (…). La lucha por el consumo no es entonces en primer lugar —aunque sea una lucha económica— cuantitativa y formal, sino cualitativa y real, por lo cual prefigura otro modo de vida. El pueblo, como proletariado, dice cómo quiere vivir. (…), el propio sujeto colectivo popular, establece hacia dónde va" (VERAZA, 2008, p. 13).

Aquí es donde radica la importancia de comprender la subsunción de la gestión de la basura y los residuos al capital y, al mismo tiempo, valorizar las alternativas populares de consumo y del aprovechamiento de residuos buscan prácticas y modos de vida más saludables y sustentables.

De acuerdo con Solíz (2017), la *subsunción formal de la basura al capital* ocasiona el incremento cuantitativo de los productos descartados. Esto se explica a través de la relación entre el trabajo asalariado y el consumo que es posible realizar:

> "Aunque el capitalismo vende la idea de libertad de consumo, en realidad el consumo está subsumido formalmente por el capital en tanto el trabajo también se encuentra sometido y es este último, el que determina nuestra condición cuantitativa de consumo" (SOLÍZ, 2017, p. 34).

En este orden, en la categoría de la *subsunción formal* se considera que – además de la cuestión del salario y la autonomía relativa de consumo – la densidad poblacional, el modelo económico territorial y la clase social son elementos determinantes en la producción cuantitativa de basura y residuos. De esta forma, se pueden explicar las variaciones y diferencias en los índices de producción de basura y residuos de las clases baja, media y alta.

Sin embargo, Solíz (2017) resalta que:

> "(…) el incremento de la cantidad de mercancías que la sociedad puede comprar con el salario se da por disminución de su valor social y no por incremento del salario y a su vez, la disminución del valor social de las mercancías se sustenta en la explotación del obrero y de la naturaleza, un verdadero círculo de explotación que garantiza la acumulación de capital" (SOLÍZ, 2017, p. 35).

Entre tanto, la *subsunción real* de la basura al capital implica la dimensión cualitativa del consumo y la subordinación real del trabajo al capital. Solíz (2017) señala que el capital al deformar las necesidades sociales y convertirlas en necesidades ficticias propicia la subordinación del consumo al mismo capital. Por consiguiente, el consumo posibilitado por el salario queda sometido a la oferta existente, por tanto, este consumo no satisface plenamente las necesidades vitales sino que, al contrario, satisface necesidades nocivas que resultan "funcionales a la acumulación del capital", en palabras de Solíz (2017, p. 35).

En este punto de la propuesta analítica de Soliz (2017), las categorías de *elasticidad de la demanda* y la *elasticidad del consumo* orientan la comprensión sobre cómo el aumento en el consumo de productos no es el resultado del aumento de los salarios o la renta, sino de la disminución del valor social de estos mismos. Como consecuencia, el consumo sometido a la lógica de acumulación del capital provoca el incremento en la venta de productos derivados tanto de la alternación de necesidades como de la producción de necesidades nuevas (Solíz, 2017), es decir, que el consumo está subsumido a la oferta existente de productos que no precisamente satisfacen necesidades vitales sino necesidades ficticias que al ser satisfechas provocan la generación de residuos y basuras nocivas y complejo, pero rentables en el capitalismo. Así, la mutación de los consumos posibilitada por la transformación de los valores de cambio incide sobre el incremento cuantitativo de la basura y los residuos. Además de la elasticidad del consumo y de la demanda, esta *elasticidad de las necesidades* resulta clave para estudiar la dimensión cuantitativa de la doble crisis de la basura.

Esta doble crisis de la basura en el capitalismo, entonces, deviene de la subsunción formal-cuantitativa y real-cualitativa del trabajo y el consumo al capital. Sin embargo, aún falta un elemento clave que subyace en esta crisis: el desarrollo tecnológico. De acuerdo con Veraza (2008), el desarrollo de las fuerzas productivas en las sociedades capitalistas, es decir, de las tecnologías, "supone una respuesta de la liquidez social, una respuesta de la necesidad social y una respuesta de la capacidad de consumo" (VERAZA, 2008, p. 260). Dicho de otra manera, la elasticidad de la demanda social de consumo o "liquidez social" condiciona el desarrollo de las fuerzas productivas, de las tecnologías. Así, la tecnología se adecua al modo de producción capitalista, como señala Solíz (2017). No obstante, cabe resaltar nuevamente que en las sociedades capitalistas el consumo está fuertemente mediado por la deformación de las necesidades sociales y su sometimiento a la lógica productivista y funcional a la acumulación de capital. De esta manera, el desarrollo de las fuerzas productivas condicionadas tanto a la deformación de necesidades humanas como a la acumulación del capital se torna en un desarrollo de *fuerzas tecnológicas destructivas* y nocivas para la salud y la vida (Veraza, 2008; Solíz, 2017).

La aplicación de estas fuerzas destructivas tecnológicas sobre el circuito del metabolismo social deriva en la producción masiva de basuras y residuos cada vez más nocivos debido a sus cualidades y cantidades. En estos términos, las características cualitativas y cuantitativas de estos resultantes:

> "Ahora bien, el sometimiento formal del trabajo también condiciona de alguna manera, el sometimiento real de la basura, en medida que entre más recursos económicos posea una familia, mayor producción de residuos inorgánicos, procesados, industriales, nocivos y menor cantidad de residuos orgánicos susceptibles de ser devueltos a la tierra como abonos y fertilizantes" (SOLÍZ, 2017, p. 37).

A través de estos argumentos, podemos evidenciar que la subsunción formal y real al capital abarca el trabajo, el consumo e incluso la basura. De esta forma, esta subsunción determina a la reproducción de la crisis cuantitativa y cualitativa de la basura. En síntesis, la subsunción formal se expresa en el incremento cuantitativo de productos descartados, mientras que la subsunción real implica cambios cualitativos crecientes que determinan diferencias en la generación de la basura y de los residuos, principalmente, entre orgánicos e inorgánicos (SOLIZ, 2017).

Con esto claro, se puede señalar que uno de los mecanismos más nocivos y popularmente conocido de las fuerzas tecnológicas destructivas que intervienen en esta doble crisis es la *obsolescencia programada* y la *obsolescencia percibida.* El término *obsolescencia programada* ha cobrado una notable relevancia a través del documental "*La historia de las cosas*" de la activista y directora de cine Annie Leonard (2007), en el cual se expone una perspectiva sobre la relación entre el ciclo de los bienes y servicios con la destrucción de nuestro planeta, las comunidades y la salud. En términos concretos, la obsolescencia programada es "la condición inducida por el capital para generar productos con tiempos de duración cada vez mejores" (SOLIZ, 2017, p. 39). Estas mercancías sometidas al ordenamiento del capital han sido "alteradas en su valor de cambio, también han sido alteradas en su valor de uso, siendo programadas para autodestruirse en tiempo cada vez menor, llevando a la aceleración de los patrones de consumo" (SOLIZ, 2017, p. 39). Estas mercancías consumidas y descartadas en forma de residuo o basura pueden tonarse perjudiciales para la salud humana y un riesgo para la naturaleza si no reciben un manejo adecuado por parte de los servicios de aprovechamiento y disposición final.

Al respecto, el ingeniero y filósofo francés Jean-Pierre Dupuy (1980) advirtió sobre este fenómeno de acortamiento de la vida útil de los bienes de consumo en sus conferencias de 1979 en Brasil. Dupuy, quien también es reconocido por su trabajo sobre modelos de autoorganización y sistemas complejos, afirmó en su *Introducción a la crítica de la ecología política* (1980) que la crítica de la sociedad industrial occidental necesitaba reconocer que la lógica destructiva del capitalismo opera, por lo menos en parte, a través de inversiones en técnica y tecnología para producir más a menor costo. Dupuy (1980) argumenta:

> "Los economistas clásicos, desde Adam Smith hasta Ricardo, temían que el capitalismo, tarde o temprano, se agotara y se estancara, que las oportunidades para invertir desaparecieran y se produjera una situación de estancamiento por la saturación de necesidades y el hecho de que la demanda de bienes tocara su techo.
>
> Marx y Keynes, cada uno a su manera, vieron en la demanda insuficiente una de las mayores amenazas a la economía de crecimiento" (DUPUY, 1980, p. 16).

Producir más a menor costo implica también que estas mercancías encuentren compradores, es decir, bajo el capitalismo es necesario tanto producir bienes como producir demanda. Y estudiar la generación de demanda es un componente interesante en el análisis que desarrolla Dupuy (1980), pues afirma que existen al menos dos razones principales interconectadas detrás del costo creciente de la producción de demanda. El primero tiene que ver con la naturaleza de los bienes puestos en el mercado. Según Dupuy (1980), "son esencialmente bienes que tienen mayor utilidad social cuanto más desigualmente se distribuyen"; bienes cuyo valor en uso disminuye cuando crece el número de quienes los poseen o consumen" (p. 17). Específicamente, trata "el caso de los bienes 'distintivos' que denotan un estatus social, una posición en la sociedad. Cuando están al alcance de todos, pierden por tanto su valor significativo" (p. 17). La segunda razón es el fenómeno de acortar la duración de los bienes de consumo y aun así se les llama 'duraderos'. Dupuy (1980) explica que la "producción esencial de estos bienes sirve hoy más para satisfacer la demanda de renovación que para aumentar el número de quienes los tienen" (p. 17). Y deja claro que "cuanto menos duran los productos, más fuerte es la demanda de renovación" (p. 17). Dupuy (1980), que escribe en el contexto de la postcrisis del petróleo de 1973, advierte que la longevidad de los productos había disminuido en los 30 años anteriores y denuncia que la sustitución de productos viejos por nuevos tiene mayores costos que implican la extracción de mayores cantidades de materias primas y el consumo de más energía.

> "Para facilitar la sustitución de productos antiguos por nuevos, las empresas a veces utilizan procesos más eficientes. Así, se cita el ejemplo de Philips que, al lanzar los primeros tubos fluorescentes con una duración de 10 mil horas (es decir, 14 meses), decidió sacar al mercado tubos cuya vida útil se había reducido a mil horas (es decir, 42 días). (...). La guerra por el prestigio al que se entregan los consumidores engendra una demanda de nuevos productos. En efecto, cada uno piensa que, gracias a estos productos, encontrará la forma de distinguirse de la masa anónima" (DUPUY, 1980, p. 18).

Como efecto, según Dupuy (1980), en esta lógica de crecimiento económico y las razones de la producción de la demanda está el origen de los residuos y la degradación ambiental que caracterizan la crisis ecológica que estamos atravesando. Es esta lógica la que permite vislumbrar algunas partes operativas de los procesos metabólicos que profundizan aún más la ruptura del metabolismo sociedad-naturaleza y el daño a la salud colectiva.

Por otra parte, tenemos la operación de la *obsolescencia percibida*. Según Solíz (2017), referenciando la obra de Leonard (2010), explica que esta categoría se define por la "inducción que realiza el capital a la necesidad de acelerar los patrones de consumo y descarte, aun cuando las mercancías adquiridas todavía sean perfectamente útiles" (SOLÍZ, 2017, p. 40). La mercancía de moda son la expresión tipo de obsolescencia y "obedece más bien a una condición psicosocial de construcción de estatus", apunta Solíz (2017, p. 40).

Una de las más emblemáticas y concretas expresiones de la obsolescencia percibida se operacionaliza a través de la industria textil y de la moda. Se trata de la industria del *fast fashion* o *moda rápida*, la cual está generando conflictos ambientales y sociales, sobre todo, en el Sur Global que han obtenido gran visibilidad durante los últimos años.

A la luz de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en 2019 siete agencias de la ONU lanzaron la convocatoria de la *Alianza de las Naciones Unidas para la Moda Sostenible* durante la 4ª Asamblea de la ONU para el Medio Ambiente celebrada en Nairobi, Kenia. En general, dicha Alianza propone actividades colaborativas, la articulación de iniciativas, el intercambio de conocimientos y la promoción de la sostenibilidad en la industria de la moda (UN ALLIANCE, 2021). De hecho, los estudios citados por UN Alliance (2021) estiman que la industria de la confección y el calzado por sí sola produce hasta el 8% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) e prevén un aumento del 60% para el año 2030. La ONU Medio Ambiente señala que "parte de estas emisiones provienen del bombeo de agua para cultivos como el algodón, los pesticidas a base de aceite, la maquinaria de cosecha y las emisiones del transporte", además, "esta industria utiliza el 24% de los insecticidas y el 11% de los plaguicidas" (UNEP, 2019). Otros datos recogidos por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y la Fundación Ellen MacArthur, muestran que la producción de moda rápida se duplicó entre 2000 y 2014 y, en la actualidad, puede llegar a consumir más de 93.000 millones de metros cúbicos de agua al año; produce el 20% de las aguas residuales, arroja al mar una media de millones de toneladas de microfibras

plásticas; y deposita el 87% de las fibras que utilizan para confeccionar ropa en incineradores y vertederos (UN, 2019).

Desde la perspectiva de la ecología política de la basura y los residuos, se observa que la industria de la moda rápida, además de distribuir geográficamente sus residuos, genera efectos negativos en el ámbito social, económico y ambiental que evidencian la insostenibilidad de este modelo productivo de corte extractivista, destructivo, contaminantes y antiético. Si bien este sector no es nuestro objeto principal, al ser parte de la crisis mundial de la basura devela una clara expresión del colonialismo tóxico en el Sur Global. Como ejemplo concreto, tenemos el caso del basurero de textiles más grande del mundo que está ubicado en el desierto de Atacama, en el norte de Chile. Cada año, a través de la zona portuaria del municipio de Iquique, se importan toneladas de desperdicios y desperdicios textiles, los cuales son exportados desde Estados Unidos y otros países de Europa y Asia. Un reportaje de BBC Mundo muestra que más de 59.000 toneladas de estos textiles ingresan al país, pero esa mitad es destinada y depositada en botaderos y basureros clandestinos (BBC, 2022) y ubicados en municipios empobrecidos y vulnerables de esta región de Chile. Si bien la comercialización de estos textiles es legal en el país, aún no existe una regulación y fiscalización específica para aquellos residuos textiles que pueden estar elaborados predominantemente con fibras plásticas de poliéster. Sin embargo, no es el único país de ALC que importa estos materiales, sino el principal destino de este mercado transfronterizo que péndula entre la legalidad y la ilegalidad.

Asimismo, se pueden citar los casos problemáticos de los mercados transfronterizos irregulares y los botaderos a cielo abierto de plásticos, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE o *e-waste*), y residuos orgánicos. En conjunto son expresiones físicas de una ruptura metabólica sociedad-naturaleza agudizada por la subsunción del consumo y el ordenamiento de la gestión de estos residuos por el capital. El mercado transfronterizo de RAEE resulta de especial interés, si se quiere, desde el ángulo de los alimentos y los residuos orgánicos. El tráfico de estos materiales desde Norteamérica y Europa hacia países africanos termina regresando, en lo que parece ser una ironía de un modelo tóxico de economía circular. En un reportaje del diario El País (2021) sobre el estudio de García-Vázquez et al (2021), la investigadora en genética Alba Ardura, llama la atención sobre el hecho de que miles de dispositivos obsoletos que iniciaron su ciclo de producción mediante el extractivismo de sus componentes en las zonas mineras de África, que son depositados en botaderos irregulares, regresan al Norte Global – y se distribuyen por el Sur Global – en forma de alimentos. La investigación de García-Vázquez et al (2021) muestra que los metales pesados producidos en estas áreas extractivas y en vertederos como el de Agbogbloshie, localizado en la ciudad de Accra (Ghana) y tipificado como uno de los más grandes del mundo, logran llegar al mar y acumularse en el sedimento marino, a través de los ríos cercanos. Ardura explica que una vez allí, estos metales entran en la cadena trófica a través del plancton y luego pasan al organismo de los peces que consumen ese plancton y finalmente al de los grandes depredadores (El País, 2021). Como resultado, tenemos peces como el atún blanco (*Thunnus alalunga*), el rabil (*Thunnus albacares*) o el patudo (*Thunnus obesus*) que acumulan estos metales, mediante su interacción en esta cadena trófica, y por tanto, el consumo de estos 'alimentos marinos' y contaminados con estas sustancias pueden representar un alto riesgo para la salud de las poblaciones locales y los consumidores en varios países (GARCIA-VAZQUEZ et al., 2021).

Al tratar esta cuestión problemática sobre los mercados transfronterizos de residuos en el capitalismo y la contaminación de los alimentos por sustancias toxicas derivadas de residuos como los RAEE, y los plásticos, nos podemos aproximar al estudio de los residuos alimentarios y orgánicos. Estudios recientes evidencia que diariamente se producen miles de toneladas de residuos y basuras, que no pueden ser tratados y reutilizados adecuadamente por los sistemas de gestión municipal. Los residuos orgánicos, en particular, son en gran parte resultado de la producción acelerada de alimentos de dudoso valor nutricional y el desperdicio de alimentos – *Fast Food* y *Waste Food* – y representan aproximadamente el 50% de todos los residuos producidos en ALC (PNUMA, 2018; 2021). De hecho, este tipo de desperdicio está intrínsecamente relacionado con los conflictos por el hambre, la inseguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2021; 2022) y la pérdida de soberanía alimentaria, agravados por la pandemia del Covid-19 a nivel mundial. En este escenario, por ejemplo, es fundamental considerar estos factores, puesto que se interrelacionan en la reproducción de en un modo de producción y consumo agroindustrial insostenible que genera volúmenes significativos de todo tipo de residuos orgánicos, además de otros más complejos que involucran la uso indiscriminado y problemático de agrotóxicos.



En este camino del análisis se encuentran distintas dimensiones de la complejidad la basura y los residuos en el mundo, que permiten comprender la relación cualitativa y cuantitativa que caracteriza a esta crisis

planetaria. A su vez, es posible realizar observaciones específicas de la de la ruptura metabólica a través del reconocimiento de los diversos conflictos socioambientales por los desperdicios y la contaminación.

La subsunción formal y real de la basura al capital, pensada a través de la complejidad ambiental, dialéctica de la naturaleza y metabolismo social, devela la dimensión cualitativa y cuantitativa que estructura los conflictos que reproducen la crisis planetaria de la basura y la contaminación.. Como argumenta Solíz (2017), esta crisis por la subsunción cuantitativa-formal y cualitativa-real de la basura es sin duda una crisis inducida por el capital:

> "Y, precisamente, la acumulación de la basura es el correlato de la acumulación de capital. La sobreacumulación y el consumo de objetos nocivos en todo el mundo, coincide con dinámicas de infraconsumo; de ahí que resulte crucial entender que la sobreacumulación no es solamente un fenómeno cuantitativo sino también cualitativo." (SOLÍZ 2017, p. 40).

Este es un modo de producción y consumo caracterizado por la disociación entre naturaleza y sociedad y la aceleración del flujo de materiales y energía, así como por el aumento de los residuos resultantes de sus procesos de producción, distribución y consumo, e incluso por la 'Ley de Entropía', en forma de calor (PORTO, ROCHA y FASANELLO, 2021). Esta es la crisis planetaria que enfrentan los mundos del Sur Global. La crisis de un modelo insostenible que, en palabras de Porto, Rocha y Fasanello (2021), deriva de "una profunda intensificación acelerada de procesos entrópicos destructivos que conducen a la degradación o pérdida de organización de los sistemas ecológicos y las comunidades que los integran" (p. 107), y que incide sobre la operacionalización de los sistemas capitalistas de gestión de residuos y basuras.

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

Los numerosos conflictos socioambientales derivados de la aceleración y ruptura del metabolismo social deben tornarse en temas urgentes investigación debido a las implicaciones sociales, ambientales, económicas y culturales que representa la crisis cualitativa y cuantitativa de la basura y la contaminación. En este orden, las luchas por la reivindicación de la justicia social, ambiental, cognitiva y sanitaria (PORTO, ROCHA y FASANELLO, 2021) en el marco de los conflictos ecológicos por la basura y la contaminación enfrentan grandes desafíos globales y construyen importantes oportunidades locales. A partir de estos análisis sobre el sometimiento de los residuos y la basura al capital también es posible hallar alternativas comunitarias y populares para la gestión y el aprovechamiento de los residuos, y particularmente, de los residuos orgánicos. Al adoptar la propuesta de Veraza (2008) y Solíz (2016; 2017), estas alternativas cobran importante relevancia, pues son una clave para la edificación de nuevos modos de vida que transciendan, en este caso, al modelo actual de gestión que privilegia el enterramiento sobre el aprovechamiento.

Científicos, activistas y movimientos sociales del ecologismo popular vienen estudiando con más frecuencias estos conflictos derivados de la inadecuada gestión de residuos en regiones urbanas y rurales. Aunque los Estados nacionales han estructurado un sistema de saneamiento básico que incluye la prestación del servicio de aseo y gestión público-privada de residuos y basuras, en la práctica investigativa es posible evidenciar las condiciones de reproducción social del trabajo de millones de trabajadores y trabajadoras de este sistema subordinado al capital. El trabajo del reciclaje informal, por ejemplo, incide sobre las actividades funcionales de recolección, separación, clasificación, tratamiento, comercialización y disposición final de residuos ordinarios, orgánicos, y materiales aún más complejos, tales como residuos hospitalarios, industriales y de construcción civil.

Así como las alternativas populares del consumo subordinado al capital forman parte de las luchas económicas de las y los trabajadores por mejores condiciones de trabajo (VERAZA, 2008), encontramos que las alternativas populares del aprovechamiento de residuos han abierto un importante campo de estudio para desarrollar, no solamente las críticas este modelo hegemónico de gestión bajo el capital, sino para valorizar las alternativas populares que se edifican en el campo de las luchas sociales, comunitarias y ecológicas en los territorios rurales, urbanos y periurbanos donde actualmente operan infraestructuras de gestión de la basura, es decir, rellenos sanitarios, plantas de reciclaje o, en los peores casos, incineradoras y vertederos a cielo abierto sin ningún tipo de control ambiental. Como lo expresa Veraza (2008), estas alternativas populares forman parte de las luchas contra el sometimiento capitalista en diferentes ámbitos de la vida. En este sentido, estas luchas no solamente demandan la reformulación normativa para la

incorporación de técnicas y tecnologías de gestión de residuos y basuras que propendan por la mitigación de daños y la recuperación de territorios saludables y sustentables sino la reivindicación de la ética ecológica que oriente el compromiso de las sociedades con las alternativas comunitarias y populares, la reconstrucción y la (re)existencia de un mundo más sustentable, saludable y democrático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


[1] FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos. Roma: FAO, 2021. Disponible en: https://doi.org/10.4060/cb4474es

[2] FOSTER, J. The Return of Nature: Socialism and Ecology. New York: Monthly Review Press, 2020.

[3] FOSTER, J. Marx, Value, and Nature. New York: Monthly Review Press, 2018.

[4] FOSTER, J. Marx and the Rift in the Universal Metabolism of Nature. New York: Monthly Review Press, 2013.

[5] FOSTER, J. La ecología de Marx: Materialismo y naturaleza. Barcelona: El Viejo Topo, 2000.

[6] FOSTER, J. Marx´s ecology: materialism and nature. New York: Monthly Review Press, 2000

[7] GARCIA-VAZQUEZ, E.; GESLIN, V.; TURRERO, P.; RODRIGUEZ, N.; MACHADO-SCHIAFFINO, G.; ARDURA, A. Oceanic karma? Eco-ethical gaps in African EEE metal cycle may hit back through seafood contamination. Science of The Total Environment, Volume 762, 2021. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143098

[8] GARRIDO PEÑA, F.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; SERRANO, J; SOLANA, J. (Editores). El paradigma ecológico en las ciencias sociales. Barcelona: Editorial Icaria, 2007.

[9] GARRIDO PEÑA, F. Sobre a epistemología ecológica. Em: F. Garrido, M. González de Molina, J. Serrano, J. Solana (Eds.), El paradigma ecológico en las ciencias sociales. Barcelona: Editorial Icaria, 2007.

[10] MARTÍNEZ-ALIER, J. O ecologismo dos pobres: conflitos socioambientais e linguagens de valoração. São Paulo: Editora Contexto, 2007.

[11] MARTÍNEZ-ALIER, J. El Ecologismo de los Pobres. Conflictos Ambientales y Lenguajes de Valoración. Barcelona: Icaria, 2005.

[12] MARTÍNEZ-ALIER, J. Los Conflictos Ecológico-Distributivos y los Indicadores de Sustentabilidad. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. Vol. 1., p. 21-30, 2004

[13] MARK, K. Early Writings. Londres: Penguin Books, 1974.

[14] MOLANO CAMARGO, F. El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. Bogotá, Colombia: Historia Crítica n.° 74, 127-149, 2019. Disponible en https://doi.org/10.7440/histcrit74.2019.06

[15] PORTO, M.; ROCHA, D.; FASANELLO, M. Saúde, Ecologias e Emancipação: conhecimentos alternativos em tempos de crise(s). São Paulo: Hucitec Editoria, 2021.

[16] SOLÍZ TORRES, M. Salud colectiva y ecología política. La basura en Ecuador. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar & Ediciones La Tierra, 2016.

[17] SOLÍZ TORRES, M. (Org.). Ecología política de la basura. Pensando los residuos desde el Sur. María Fernanda Solíz T., coordinadora. Quito: Ediciones Abya-Yala; Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo, 2017.

[18] SOLÍZ TORRES, M. ¿Por qué un Ecologismo Popular de la Basura? En: Ecología política de la basura. Pensando los residuos desde el Sur. María Fernanda Solíz T., coordinadora. Quito: Ediciones Abya-Yala & Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo, 2017, p. 21- 52.

[19] SOLÍZ TORRES, M. Ecología política y geografía crítica de la basura en el Ecuador. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambiental, No. 17, marzo 2015. Quito: FLACSO, 2015.

[20] TOLEDO, V. El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. Relaciones 136, otoño 2013, pp. 41-71.

[21] TOLEDO, V. Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, 7, 1-26, 2008.

[22] TOLEDO, V., & GONZALEZ DE MOLINA, M. El metabolismo Social: Las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. Em: F. Garrido, M. González de Molina, J. Serrano, J. Solana (Eds.), El paradigma ecológico en las ciencias sociales. Barcelona: Editorial Icaria, 2007.

[23] VALENCIA-ORREGO, M. As dimensões da prática profissional do serviço social. A contribuição da análise histórico-crítica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Escola de Serviço Social. Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

[24] VERAZA, J. Subsunción real del consumo al capital. México: Editorial Itaca, 2008.

[25] VERAZA, J. La basura al final del día. Síntesis del Modo de Producción Capitalista. México: 2008.

[26] VERAZA, J. (Coordinador). Los peligros de comer en el capitalismo. México: Editorial Itaca, 2007.

[27] UNITED NATIONS ALLIANCE FOR SUSTAINABLE FASHION. Synthesis Report on United Nations System-wide Initiatives

related to Fashion. Nairobi: UN, 2021.

[28] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Food Waste Index Report 2021. Nairobi: UNEP, 2021.

[29] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). La Alianza de la ONU para la Moda Sostenible abordará el impacto de la "moda rápida". Nairobi: UN, março 2019. Disponível em: https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-alianza-de-la-onu-para-la-moda-sostenible-abordara-el

[30] WORLD FOOD PROGRAMME; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Hunger Hotspots. FAO-WFP early warnings on acute food insecurity: February to May 2022 Outlook. Rome: FAO, 2022. Disponible em: https://doi.org/10.4060/cb8376en

# Capítulo 4

## *Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos de empresa de mineração de calcário*

*Ary Sá de Figueiredo*
*Lucas Tolfo Ramires*
*Gabriel D`Avila Fernandes*
*Pedro Daniel da Cunha Kemerich*
*Douglas Bitencourt Vidal*

Resumo: A mineração contribui para o avanço tecnológico ao longo do tempo. Novas tecnologias são desenvolvidas para atender o mercado crescente de extração mineral. A partir deste desenvolvimento, ocorre uma maior eficiência no processo de produção e um aumento considerável na quantidade de matéria prima retirada do meio ambiente, consequentemente, há também um aumento na quantidade de resíduos sólidos gerados no processo de produção. O estudo a seguir, trata da aplicação de uma ferramenta chamada FMEA, que tem como objetivo quantificar e tratar os dados relevantes ao processo de extração e beneficiamento de calcário de uma empresa da cidade de Caçapava do Sul - RS - Brasil. Uma aplicação interessante, capaz de orientar e reestruturar procedimentos operacionais no intuito de gerar o mínimo de resíduos sólidos a serem descartados em aterros sanitários ou ficarem dispostos à céu aberto. Todo processo de gerenciamento de resíduos sólidos deveria possuir um sistema norteador como o apresentado. Foi possível equalizar a fundamentação da NBR 10.004 e agregar uma visão de mitigação de impactos ambientais à empresa.

Palavras-chave: FMEA, NBR 10004, Mineração, Gerenciamento de resíduos Sólidos.

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico é um dos fatores que aumenta significativamente a capacidade da linha de produção de empresas dos mais variados ramos de atividade. Este aumento teve início a partir do século XVIII na Revolução Industrial. Com o aumento da produção, a quantidade de resíduos gerados cresce proporcionalmente e caso não haja um gerenciamento desses subprodutos ou eles sejam inadequados poderá levar ao ocasionalmente de problemas ambientais graves e irreversíveis.

De acordo com a NBR 10.004 (2004), resíduos sólidos são definidos como: Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável ao seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT/NBR, 2004).

De acordo com a NBR 10004 (2004), os resíduos são divididos em duas classes:

- Resíduos classe I

Perigosos: são aqueles cujas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem acarretar em riscos à saúde pública e/ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

- Resíduos Classe II – A

Não inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes. Os resíduos classe II A – Não inertes podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Resíduos Classe II – B

Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007 (1990) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006 (2004), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G, da NBR 10004 (2004).

Os resíduos das classes II – A e II – B não devem ser armazenados juntamente com resíduos classe I, em face de a possibilidade da mistura resultante ser caracterizada como resíduo perigoso. O armazenamento de resíduos classe II – A e II – B pode ser realizado em contêineres e/ou tambores, em tanques e a granel (NBR – 11174, 1990).

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é o instrumento que define o conjunto de informações e estratégias integradas de gestão, destinados a normatizar os procedimentos operacionais de gerenciamento de resíduos sólidos, contemplando os aspectos referentes à geração, à segregação, ao acondicionamento, à identificação, à coleta, ao transporte, ao armazenamento, ao tratamento e à disposição final em conformidade com a legislação sanitária e ambiental (Resolução da Diretoria Colegiada – RCD nº 02/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

As razões para se preocupar com os processos de acondicionamento e coleta de um PGR são as seguintes: o manuseio e o acondicionamento corretos dos resíduos possibilitarão a maximização das oportunidades como a reutilização e a reciclagem, já que determinados resíduos podem ficar irrecuperáveis se acondicionados de forma incorreta; redução de riscos de contaminação do meio ambiente, do trabalhador e da comunidade.

A separação correta e criteriosa do resíduo permite o tratamento diferenciado, a racionalização de recursos despendidos e facilita a reciclagem (MAROUN, 2006).

Por meio da utilização dos certificados de qualidade ambiental e com o auxílio de planejamento ambiental, o gerenciamento dos resíduos é efetuado de forma mais eficiente e correta. Segundo Floriano (2004), planejamento é um processo de organização de tarefas para se chegar a um fim, com fases características e sequenciais que, em geral, estão na seguinte ordem: identificar o objeto do planejamento, criar uma visão sobre o assunto, definir o objetivo do planejamento, determinar uma missão ou compromisso para se atingir o objetivo do planejamento, definir políticas e critérios de trabalho, estabelecer metas, desenvolver um plano de ações necessárias para atingir as metas e cumprir a missão e os objetivos, estabelecer um

sistema de monitoramento, controle e análise das ações planejadas, definir um sistema de avaliação sobre os dados controlados e, finalmente, prever a tomada de medidas para prevenção e correção quanto aos desvios que poderão ocorrer em relação ao plano.

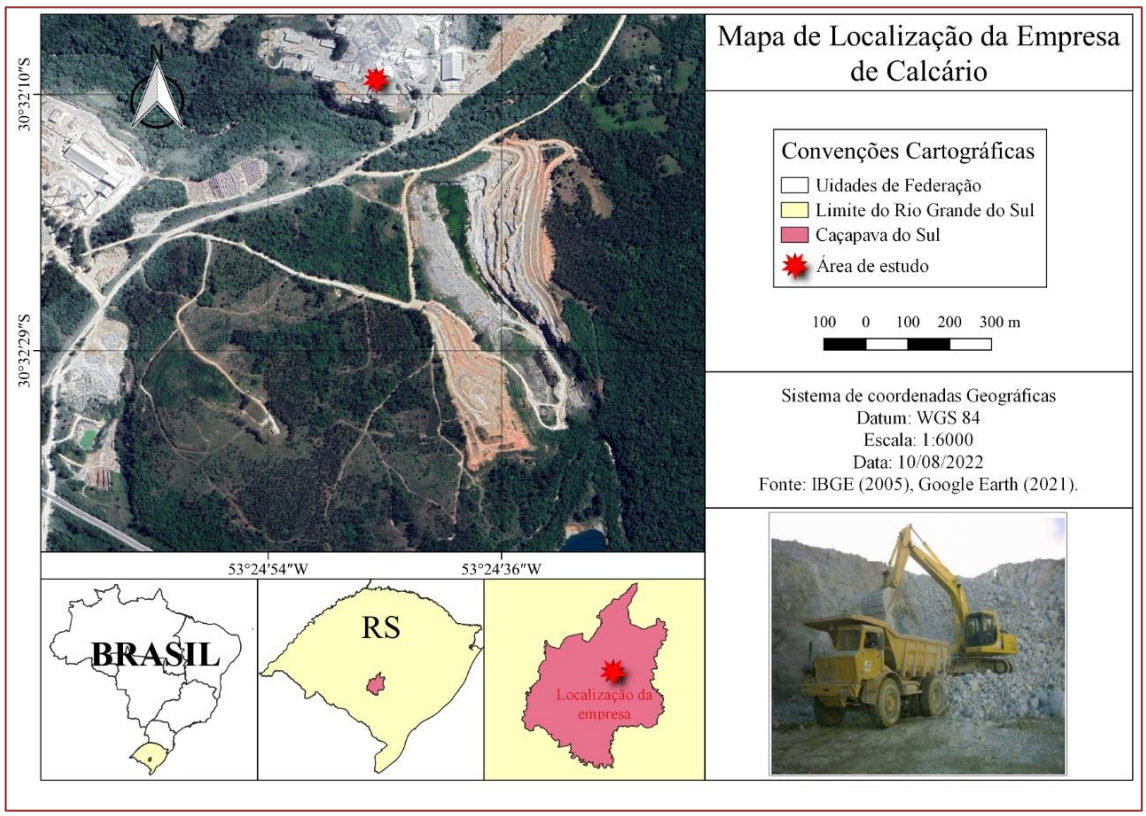
As empresas devem, antes de tudo, procurar o equilíbrio ambiental, social e econômico para concomitantemente atender as necessidades dos trabalhadores e clientes utilizando ferramentas que tenham a finalidade na redução do consumo e descarte adequado dos resíduos gerados no funcionamento da empresa. Diante do exposto o trabalho tem como objetivo geral: Avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos da FIDA em Caçapava do Sul – RS. Como objetivos específicos tem-se: a) Identificar os processos produtivos e a geração de resíduos em cada etapa do empreendimento; b) Verificar o enquadramento das condições atuais referentes à gestão de resíduos em comparação à legislação vigente; c) Propor um plano de gerenciamento de resíduos sólidos de acordo com a legislação vigente.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A mineradora foi fundada em 1954 e está situada na BR 392, Km 242 – Caieiras – Caçapava do Sul – RS, é uma empresa do ramo de mineração com lavra e beneficiamento de calcário dolomítico e derivados como argamassa, cal e rejunte.

O objetivo a empresa é desenvolver e produzir soluções para o agronegócio e construção civil, visando o crescimento sustentável e sua missão é suprir as necessidades do mercado, oferecendo inovações tecnológicas no segmento supracitado.

**Figura 1 –** Mapa de Localização da Empresa




Fonte: Autores



Inicialmente foi realizada uma avaliação *in loco* do processo de produção, desde a extração até a distribuição do produto final. Sendo analisado o método de extração, o sistema de britagem, o preparo dos produtos e sua disposição final.

Para a realização desta avaliação foram utilizados formulário de pesquisa, planilha eletrônica, fotos, vídeos, questionários e visitas orientadas.

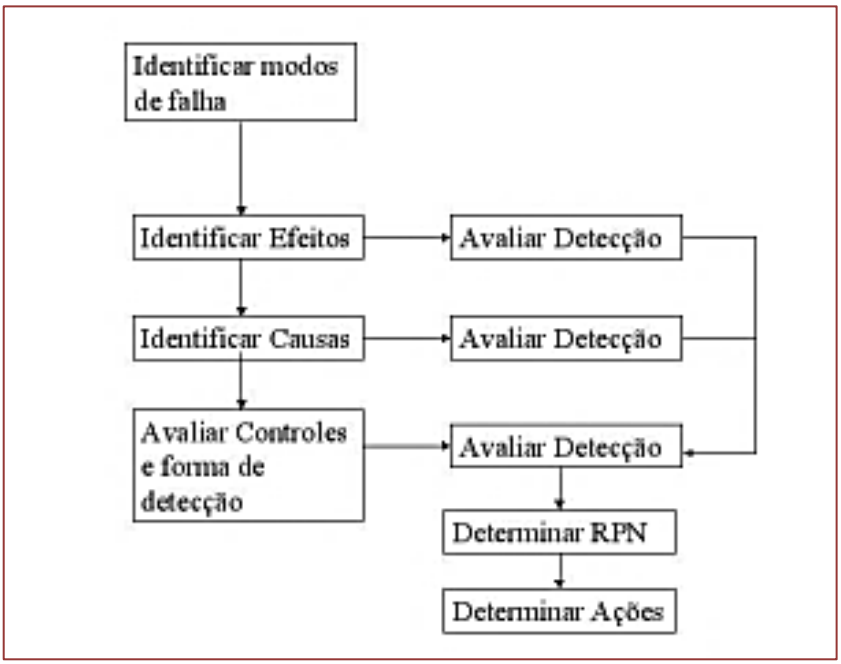
Foi verificada a forma como os resíduos estão dispostos ou alocados, pois tal disposição pode alterar as características físicas e/ou químicas, tornando assim o resíduo inutilizável.

A correta classificação deve obedecer a um padrão de cores de acordo com a Resolução CONAMA N° 275/01 (2001). Padrão de cores: AZUL: papel/papelão; VERMELHO: plástico; VERDE: vidro; AMARELO: metal; PRETO: madeira; LARANJA: resíduos perigosos; BRANCO: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde; ROXO: resíduos radioativos; MARROM: resíduos orgânicos; CINZA: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

Para avaliar o método de gestão de resíduos que atualmente está implantado na empresa, foi proposta a elaboração da "FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas" que, segundo Palady (2002), consiste no gerenciamento de riscos, tendo por objetivo identificar os possíveis modos de falhas de um dado produto/processo e suas respectivas causas, permitindo atuar sobre tais itens de forma a reduzir ou eliminar a chance de ocorrência dessas falhas

Este método consiste na identificação de falhas prováveis em projetos ou processos, estabelece as prioridades para o tratamento das falhas e implementa as ações indicadas, no intuito da minimização de impactos ambientais de acordo com as entradas e saídas do processo, de acordo com as etapas ilustradas na Figura 2.

**Figura 2:** Roteiro de Implementação da FMEA




Fonte: Palady, 2002.

Após a identificação das prováveis falhas, faz necessário a quantificação dos dados obtidos, através da avaliação dos índices, onde os índices "S" indica a severidade da falha; O "O" indica a ocorrência da falha, ou seja, quantas vezes há falha durante o processo, "D" indica a detecção da falha, a frequência em que ela é detectada, E "R" o risco, que é resultado da multiplicação dos índices "S", "O" e "D", que gera um número de 0 (zero) à 1000 (mil).

Na indústria FIDA estão sendo quantificados os seguintes itens: severidade, ocorrência, detecção e risco, segundo Toledo (2006).



**a. Severidade (S):** Avalia a situação na operação que sente o efeito potencial da falha.

**Tabela 1:** Severidade

| Índice | Severidade | Critério |
|---|---|---|
| 1 | Mínima | O cliente mal percebe que a falha ocorreu |
| 2<br>3 | Pequena | Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente; |
| 4<br>5<br>6 | Moderada | Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente |
| 7<br>8 | Alta | Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente |
| 9<br>10 | Muito Alta | Idem ao anterior porém afeta a segurança. |

Fonte: TOLEDO (2006).

**b. Ocorrência (O):** classifica a probabilidade da falha acontecer, considerando os controles de prevenção quando existentes.

**Tabela 2:** Ocorrência

| Índice | Ocorrência |
|---|---|
| 1 | Remota |
| 2<br>3 | Pequena |
| 4<br>5<br>6 | Moderada |
| 7<br>8 | Alta |
| 9<br>10 | Muito alta |

Fonte: TOLEDO (2006).

**c. Detecção (D):** classifica qual é a probabilidade de se detectar o modo de falha.

**Tabela 3:** Detecção

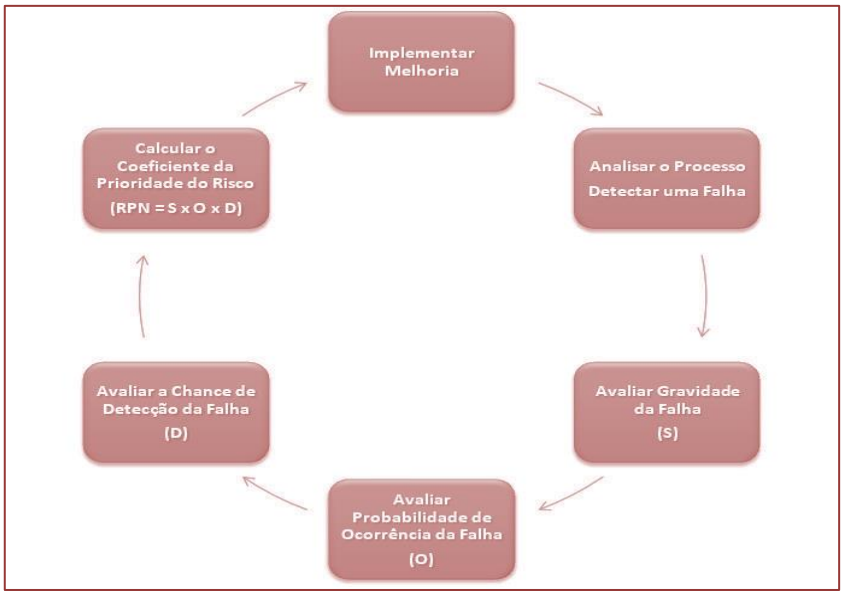
| Índice | Detecção | Critério |
|---|---|---|
| 1<br>2 | Muito grande | Certamente será detectado |
| 3<br>4 | Grande | Grande probabilidade de ser detectado |
| 5<br>6 | Moderada | Provavelmente será detectado |
| 7<br>8 | Pequena | Provavelmente não será detectado |
| 9<br>10 | Muito pequena | Certamente não será detectado |

Fonte: TOLEDO (2006).

**d - Riscos (R):** Depois de definidos os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R), por meio da multiplicação dos outros três índices.

A partir dos dados obtidos, é possível implementar melhorias no processo, formando um ciclo, conforme Figura 3.

**Figura 3:** Ilustração das etapas da FMEA




Fonte: HARRINGTON & KNIGHT (2001).

O resultado da pesquisa é anotado no formulário respectivo, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4-** Tabela FMEA

| FMEA - FIDA - Calcário | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Descrição do produto/Processo | Função do Processo | Tipo de falha pontencial | Efeito de falha potencial | Causa da falha em potencial | Controles atuais | Índices atuais | | | | Ações de melhoria | | | Índices após pesquisa | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações recomendadas | Responsável/Prazo | Medidas implantadas | S | O | D | R |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Autor.

## 2.1. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Através da aplicação de um questionário foi possível observar diferentes critérios e compromissos da empresa no que diz respeito a gestão dos resíduos.

Dentre as temáticas presentes no questionário temos a questão da existência de Licenças Ambientais, existência de política ambiental, investimentos em programas e projetos ambientais, normas e treinamentos específicos para os colaboradores, existência de PGRS, dentre outras questões que colaboraram para a construção deste trabalho e o melhor entendimento da atuação da Empresa.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIDA possui uma estrutura organizacional, dividida por setores, que incluem a diretoria, coordenação financeira, coordenação administrativa, produção, expedição, transporte, suprimentos, manutenção, qualidade, segurança no trabalho, vendas e administrativo. Cada setor tem a responsabilidade de gerenciar sua área de atuação. Quanto à questão de controle do meio ambiente, verificou-se que existe uma separação dos resíduos sólidos e a empresa não sofreu quaisquer penalidades relacionadas às exigências ambientais do órgão fiscalizador.

Além disso, a gestão da FIDA se empenha em monitorar as áreas do processo produtivo.

### Produção

O setor de produção é a parte responsável pelas diferentes operações realizadas no processo industrial. Para poder detalhar as etapas do processo produtivo, houve o acompanhamento da lavra, onde foi possível observar as operações realizadas e divididas da seguinte maneira:

### Perfuração

A perfuração é realizada por uma perfuratriz (Figura 5) sobre esteiras, com martelo pneumático roto percussivo, acionado por compressor diesel com capacidade de 750 pcm. Geralmente furos com 12 metros de profundidade e uma inclinação em torno de 70 a 75°. As hastes utilizadas na perfuração têm o tamanho de 3 metros, portanto eram utilizadas 4 hastes para chegar a profundidade de 12 metros. O diâmetro do furo é de 21/2” e o bit utilizado é de botão.

**Figura 5 –** Perfuratriz

Fonte: Autor.

## Desmonte

No desmonte realizado nas pedreiras é usado emulsão como carga de fundo de furo e ANFO na carga coluna. A emulsão utilizada é Sanatel Magnafrag com densidade de 1,2g/cm$^3$ e o ANFO é Amex com 0,82 de densidade.

**Tabela 6:** Plano de Fogo.

| Teoria | | | Prática | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| Altura da bancada (m) | 12 | | Altura da bancada (m) | 12 |
| Diametro do furo (mm) | 64 | | Diametro do furo (mm) | 64 |
| Inclinação do furo (graus) | 14 | | Inclinação do furo (graus) | 14 |
| Concentração de Carga Emulsão (kg/m) | 3,01 | | Concentração de Carga Emulsão (kg/m) | 3,01 |
| Concentração de Carga Anfo (kg/m) | 2,63 | | Concentração de Carga Anfo (kg/m) | 2,63 |
| Afastamento máximo (m) | 2,56 | | Afastamento máximo (m) | - |
| Subfuração (m) | 0,768 | | Subfuração (m) | - |
| Profundidade total do furo (m) | 13,1628866 | | Profundidade total do furo (m) | 12 |
| Erro de perfuração (m) | 0,458886598 | | Erro de perfuração (m) | - |
| Correção do afastamento (m) | 2,101113402 | | Correção do afastamento (m) | 2 |
| Espaçamento (m) | 2,731447423 | | Espaçamento (m) | 4 |
| Malha (m$^2$) | 5,739080787 | | Malha (m$^2$) | 8 |
| Tampão = afastamento (m) | 2,101113402 | | Tampão = afastamento (m) | 2 |
| Altura da carga de fundo (m) | 3,328 | | Altura da carga de fundo (m) | 3 |
| Altura da carga de coluna (m) | 7,733773196 | | Altura da carga de coluna (m) | 7 |
| Peso da carga de fundo (kg) | 10,01728 | | Peso da carga de fundo (kg) | 9,03 |
| Peso da carga de coluna (kg) Metade | 10,16991175 | | Peso da carga de coluna (kg) Metade | 18,41 |
| Razão de carga ( kg/m$^3$) | 0,293124638 | | Razão de carga ( kg/m$^3$) | 0,285833 |
| **Cálculo na unidade gramas/ toneladas** | | | | |
| 20187,19175 | 185,2575278 | 108,9683 | De acordo com a tabela mostrada em aula. | |
| 27440 | 258,24 | 106,2577 | De acordo com a tabela mostrada em aula. | |

Fonte: FIDA.

O plano de fogo teórico é calculado pelo engenheiro de minas, e conforme a Tabela 6 é possível identificar que existem diferenças entre a teoria e a prática em campo, pois com o passar do tempo e devido às características da rocha, são necessárias algumas alterações no plano.

## Carregamento

O carregamento do calcário desmontado é realizado por uma escavadeira hidráulica sobre esteiras com 1,1m$^3$ de "concha" e motor de 133 HP auxiliado por uma pá carregadeira sobre pneus com caçamba de 2,5 m$^3$ e motor de 120 HP. Estas máquinas também fazem o trabalho de descobertura da jazida (Figura 6).

**Figura 6 -** Caçamba e escavadeira

Fonte: Autor.

## Transporte

O transporte de minério até o britador primário é feito por caminhão "fora de estrada" de 25 t e motor de 112 HP ou caminhões Scania**,** com capacidade para 30 t e motor de 480cv. Estes mesmos caminhões serão utilizados no transporte da cobertura vegetal e do estéril para as pilhas de rejeito. A manutenção das estradas é feita com uma motoniveladora.

## Beneficiamento

O beneficiamento tem seu fluxo apresentado na figura 7.

Com o acompanhamento do beneficiamento foi possível observar que o minério após o transporte da mina é basculado numa tremonha e através de um alimentador vibratório e de uma série de grelhas, é separado em duas granulometrias.

O material abaixo de 2 $^1$/2" sofre peneiramento a ¾", sendo que o material acima de ¾" retorna a pilha pulmão do britador secundário e o abaixo de ¾" constitui o rejeito da britagem.

O material acima de 2 ½" passa pelo britador primário e, através de correia transportadora, junta-se ao calcário peneirado formando uma pilha pulmão que irá alimentar o britador secundário. Através de duas calhas vibratórias e de uma correia transportadora o material é conduzido até uma peneira de escalpe.

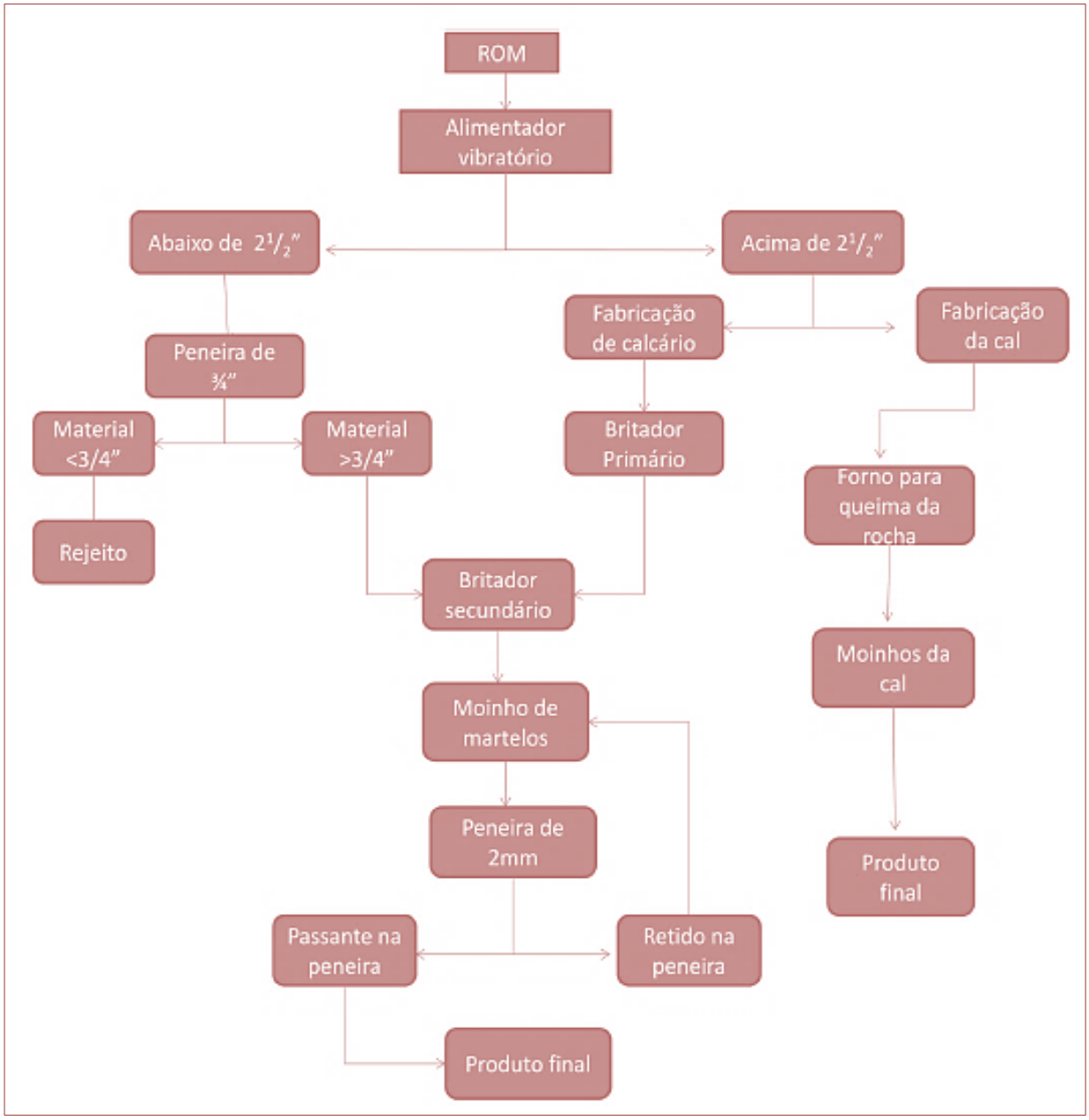
O calcário abaixo de 2 1/2" passante na peneira, alimentará diretamente uma correia transportadora que formará a pilha pulmão que alimenta os moinhos de martelos. O calcário de tamanho superior a 2 1/2" poderá ser enviado para uma pilha pulmão que alimentará o forno de fabricação da cal, isso irá depender da qualidade da rocha, ou sofrerá cominuição no britador secundário juntando-se à correia transportadora que leva o peneirado abaixo de 21/2" formando a pilha pulmão referida anteriormente que alimentará os moinhos de martelos.

Através de 3 calhas vibratórias e três correias transportadoras o material é conduzido até os moinhos de martelos. Após a moagem, o material é submetido a novo peneiramento, o produto acima de 2,0mm retorna ao moinho, o produto com dimensão abaixo de 2,0mm através da correia, é transportado ao silo da expedição.

Após conhecer o processo de trabalho da empresa, desde a extração até o beneficiamento, foi possível elencar alguns fatores importantes para a elaboração da FME de processo de acordo com a Figura 9. E

posteriormente, os dados coletados da quantificação dos resíduos sólidos serão agregados para a correta classificação e destinação.

**Figura 7 –** Fluxograma de beneficiamento




Fonte: Autor.

## Resíduos sólidos originados no processo de beneficiamento

Durante o processo de ensacamento, os resíduos ficam dispostos no chão da fábrica, que posteriormente são varridos por um funcionário e devidamente depositados em bags e alocados em baias, de acordo com a Figura 8 (a).

Já na Figura 8 (b), pode-se observar a maneira como as lixeiras estão dispostas. A localização das lixeiras é determinada estrategicamente, para que resíduos como copos plásticos e papéis não fiquem em contato diretamente com o meio ambiente.

Os resíduos originados nas oficinas da empresa ficam armazenados em tonéis, em área fechada, junto aos combustíveis utilizados em equipamentos de ciclo Otto. (Figura 8 c)

As sacarias rasgadas, ou que não atendem as especificações técnicas s são separadas e armazenadas de acordo com as Figuras 8 (d) e (e).

É possível perceber os funcionários possuem uma rotina de trabalho, onde executam o passo a passo da separação de resíduos.

**Figura 8 –** Situação dos resíduos

Fonte: Autor.

**FMEA de processo**

**Tabela 7** – FMEA de processo

| ORIGEM | PRODUÇÃO MENSAL | TIPOLOGIA | DESTINAÇÃO FINAL | S | O | D | R | SUGESTÕES | S | O | D | R | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Áreas de extração mineral | 36.000 t | Solo | Deposição em pilhas de estéril, recuperação ambiental de cavas, recomposição topográfica de taludes. | 1 | 5 | 7 | 35 | Ceder o material para Prefeitura Municipal, com intuito de utilizá-lo como aterro. | 1 | 5 | 5 | 25 | A destinação final dos resíduos está sendo realizada corretamente, porém em grande escala. |
| | | Rocha Granítica | | 1 | 5 | 7 | 35 | | 1 | 5 | 5 | 25 | |
| | | Argila | | 1 | 5 | 7 | 35 | | 1 | 5 | 5 | 25 | |
| Unidade de britagem | 50 toneladas | Areia | Manutenção/conservação de estradas internas | 2 | 5 | 3 | 30 | Ceder o material para Prefeitura Municipal, com intuito de utilizá-lo como aterro. | 2 | 5 | 1 | 10 | A destinação final dos resíduos está sendo realizada corretamente, porém em grande escala |
| | | Solo | | 2 | 5 | 3 | 30 | | 2 | 5 | 1 | 10 | |
| | | Rocha Granítica | | 2 | 5 | 3 | 30 | | 2 | 5 | 1 | 10 | |
| Escritório, expedição, almoxarifado, sanitários, guarita da vigilância | 6 m³ | Papel | Sacos plásticos nas origens, após recolhimento interno são acondicionados em contentores big bags para 1,5 m³ | 1 | 1 | 2 | 2 | Separação dos resíduos de acordo com a CONAMA 275/2001 | 1 | 1 | 1 | 1 | Utilizar serviços especializados na coleta e destinação final. |
| | | Papelão | | 1 | 1 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Plástico | | 1 | 1 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Escritório, expedição, almoxarifado, sanitários, guarita da vigilância | 6 m³ | Vidro | Sacos plásticos nas origens, após recolhimento interno são acondicionados em contentores big bags para 1,5 m³ | 1 | 1 | 2 | 2 | Separação dos resíduos de acordo com a CONAMA 275/2001 | 1 | 1 | 1 | 1 | Utilizar serviços especializados na coleta e destinação final. |
| | | Papel Higiênico | | 1 | 1 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Panos usados em limpeza | | 1 | 1 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 3un | Tonner de impressoras | - | 2 | 1 | 2 | 4 | Utilização de toner recarregável | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 7 un | Baterias automotivas | Caixas de papelão | 5 | 1 | 1 | 5 | Recolhimento por empresa especializada | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 20 un | Pilhas pequenas | | 5 | 1 | 1 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Unidade de produção industrial | 10 t | Plástico | Acondicionamento em contentores big bags | 1 | 2 | 2 | 4 | Separação dos resíduos de acordo com a CONAMA 275/2001 | 1 | 2 | 1 | 2 | - |
| | | Papelão | | 1 | 2 | 2 | 4 | | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| | | Embalagens de aditivos | | 2 | 2 | 2 | 8 | | 1 | 2 | 2 | 4 | |
| | | Embalagens danificadas na produção | | 2 | 2 | 2 | 8 | | 1 | 2 | 2 | 4 | |

Tabela 7 – FMEA de processo (continua)

| ORIGEM | PRODUÇÃO MENSAL | TIPOLOGIA | DESTINAÇÃO FINAL | S | O | D | R | SUGESTÕES | S | O | D | R | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Refeitório | 3 t | Restos de alimentos | Acondicionamento: os resíduos orgânicos e secos são acondicionados separadamente em sacos plásticos, após o recolhimento interno são acondicionados em contentores big bag para 1,5 m³ | 1 | 2 | 3 | 6 | Compostagem | 1 | 1 | 1 | 1 | O composto obtido poderá ser utilizado no reflorestamento das áreas da empresa. |
| | | Cascas de frutas | | 1 | 2 | 3 | 6 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Embalagens plásticas | | 1 | 2 | 2 | 4 | De acordo com a 275/2001 | 1 | 2 | 1 | 2 | - |
| | | Papelão | | 1 | 2 | 2 | 4 | | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| Unidade de Produção Industrial e oficina | 5 t | Metal Ferroso | À granel | 5 | 4 | 4 | 80 | Separação dos resíduos de acordo com a CONAMA 275/2001 | 2 | 4 | 3 | 24 | |
| | 1 t | Correias | | 5 | 3 | 2 | 30 | | 2 | 3 | 1 | 6 | |
| Fornalha | 2,5 t | Cinza vegetal | À granel | 4 | 2 | 4 | 32 | Utilização como adubo no reflorestamento de áreas da empresa | 2 | 2 | 2 | 8 | - |
| Laboratório | 70 l | Soluções ácidas e básicas | Acondicionamento em embalagens plásticas e baldes com identificação | 8 | 7 | 2 | 112 | Redução da utilização dos compostos e recolhimento por empresa especializada | 5 | 5 | 2 | 50 | - |
| | | Indicadores | | 8 | 7 | 2 | 112 | | 5 | 5 | 2 | 50 | |
| | | Compostos inorgânicos | | 8 | 7 | 2 | 112 | | 5 | 5 | 2 | 50 | |

Tabela 7 – FMEA de processo (continua)

| ORIGEM | PRODUÇÃO MENSAL | TIPOLOGIA | DESTINAÇÃO FINAL | S | O | D | R | SUGESTÕES | S | O | D | R | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laboratório | 100 l | Embalagens plásticas | Separação em sacos plásticos devidamente identificados. | 8 | 7 | 2 | 112 | Recolhimento por empresa especializada. | 7 | 7 | 1 | 49 | - |
| Ambulatório | Variável | Algodão | Sacos plásticos e baldes com identificação | 6 | 4 | 4 | 96 | Disposição dos resíduos de acordo com a RDC 306/2004 | 3 | 4 | 2 | 24 | - |
| | | Esparadrapo | | 6 | 4 | 4 | 96 | | 3 | 4 | 2 | 24 | |
| | | Gaze | | 6 | 4 | 4 | 96 | | 3 | 4 | 2 | 24 | |
| | | Luva de látex | | 6 | 4 | 4 | 96 | | 3 | 4 | 2 | 24 | |
| | | Micropore | | 6 | 4 | 4 | 96 | | 3 | 4 | 2 | 24 | |
| Maquinário,caminhões, automóveis e carrinho de mão | 30 un | Pneus inaproveitáveis | À granel | 2 | 6 | 7 | 84 | Recolhimento por empresa especializada | 1 | 6 | 2 | 12 | - |
| Unidade de produção industrial, oficina, lubrificação automotiva | 70 un | Embalagem usada de óleo lubrificante e graxas | À granel | 8 | 4 | 6 | 192 | Acondicionar as embalagens de acordo com a resolução CONAMA 275/2001 | 3 | 4 | 4 | 48 | - |
| Unidade de produção industrial, oficina, lubrificação automotiva | 1540 l | Óleo lubrificante usado a granel | Acondicionados em uma caixa de contenção com capacidade de 1500 Litros | 4 | 8 | 4 | 128 | Recolhimento por empresa especializada | 4 | 8 | 3 | 96 | A destinação final dos resíduos está sendo realizada corretamente, porém trata-se de um resíduo perigoso. |
| | 12 un | Filtro automotivo usado | Acondicionados em bombonas de 200 litros | 8 | 7 | 6 | 336 | Recolhimento por empresa especializada | 8 | 5 | 5 | 200 | |
| Unidade de produção industrial, oficina, lubrificação automotiva | 400 l | Pano/estopa contaminado | Acondicionados em bombonas de 200 litros | 8 | 8 | 6 | 384 | Separação no momento do descarte, para que os itens contaminados não contaminem os demais. | 3 | 8 | 4 | 96 | - |
| | 200 l | EPI contaminado (uniformes, luvas e botas) | | 8 | 7 | 6 | 336 | | 3 | 7 | 4 | 84 | |
| Sedimentos oriundos da lavagem de caminhões e máquinas | 70 l | Lodo da lavagem | Bombonas | 7 | 5 | 3 | 105 | Tratamento do lodo com destinação adequada | 3 | 3 | 1 | 9 | Utilização de filtro prensa. |

Tabela 7 – FMEA de processo (continua)

| ORIGEM | PRODUÇÃO MENSAL | TIPOLOGIA | DESTINAÇÃO FINAL | S | O | D | R | SUGESTÕES | S | O | D | R | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prédios, construções, reformas, manutenções e rede de energia elétrica | 50 un | Lâmpadas fluorescentes | Caixas de papelão | 1 | 2 | 2 | 4 | Separação dos resíduos de acordo com a CONAMA 275/2001 | 1 | 2 | 1 | 2 | - |
| | Variável | Solo | À granel | 2 | 4 | 2 | 16 | Utilização como aterro | 1 | 4 | 1 | 4 | - |
| | | Tijolo | | 2 | 4 | 3 | 24 | | 1 | 4 | 1 | 4 | - |
| | | Material Cerâmico | | 2 | 4 | 3 | 24 | | 1 | 4 | 1 | 4 | - |
| Prédios, construções, reformas, manutenções e rede de energia elétrica | Variável | Solventes | À granel | 7 | 4 | 1 | 28 | Disposição dos resíduos de acordo com a RDC 306/2004 | 3 | 4 | 1 | 12 | - |
| | | Concreto e argamassa | | 4 | 4 | 3 | 48 | Utilização como aterro | 1 | 4 | 1 | 4 | - |
| | | Madeira | | 2 | 4 | 3 | 24 | Reutilização em fornos | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | Compensado | | 2 | 4 | 3 | 24 | | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| | | Aglomerado | | 2 | 4 | 2 | 16 | Utilização como aterro | 1 | 4 | 1 | 4 | - |
| | | Tubo de PVC | | 4 | 4 | 4 | 64 | Separação dos resíduos de acordo com a CONAMA 275/2001 | 1 | 4 | 1 | 4 | - |
| | | Metal | | 5 | 4 | 5 | 100 | | 1 | 4 | 1 | 4 | - |

## 3.1. DISCUSSÃO DA FMEA

### Áreas de extração mineral e unidade de britagem

A produção mensal entre solo, rocha granítica e argila é de 36000t, enquanto o mesmo material advindo da unidade de britagem, é de 50 t, que são dispostas em pilhas de estéril, recuperação ambiental de cavas e recomposição topográfica de taludes, ou manutenção e conservação de estradas internas. Sugere-se que a parte deste material que não e utilizada seja cedida para a prefeitura municipal com o intuito de utilizá-la como aterro, diminuindo o risco associado à essas origens, ao realizar a destinação final corretamente.



### Escritório, expedição, almoxarifado, sanitários e guarita da vigilância

Os resíduos advindos do escritório, expedição, almoxarifado, sanitários e guarita da vigilância são resíduos comuns, como papel, papelão, plástico, vidro, papel higiênico, panos usados em limpeza (6m$^3$) e tonner de impressoras (3 unidades) são armazenados em sacos plásticos em suas origens, porém, deve-se realizar a correta separação de acordo com a resolução CONAMA 275/2001. Estes resíduos não têm elevado risco

associado, porém ressalta-se a importância da correta separação destes. Quanto aos tonners de impressoras, sugere-se a utilização de recarregáveis.

Para baterias automotivas (7 unidades) e pilhas pequenas (20 unidades), que são armazenadas em caixas de papelão, o recolhimento deverá ser realizado por empresa especializada.

### Unidade de produção industrial

Plástico, papelão, embalagens de aditivos e embalagens danificadas na produção (10t), são acondicionados em contentores big bag, e devem ser separados de acordo com a resolução CONAMA 275/2001.

### Refeitório

Os resíduos gerados são papelão e embalagens plásticas, que devem ser separados de acordo com a resolução CONAMA 275/2001. Quanto à matéria orgânica gerada, sugere-se a aplicação da prática da compostagem já que a decomposição desse material é parte integrante do ecossistema e tem sido amplamente utilizado como condicionador do solo (SANTOS BRAGA et al, 2002), podendo utilizar o composto gerado como adubo nas áreas de reflorestamento da empresa.

### Unidade de produção industrial, oficina

Na unidade de produção industrial e na oficina, são gerados, mensalmente, 5t de metal de ferroso, 1t correias, dispostos à granel. Para ambos os resíduos, deve ser realizada a separação conforme a resolução CONAMA 275/2001. Muitas vezes esses resíduos podem ser reutilizados ou reciclados, no caso de correta segregação e armazenamento (DACROCE et al, 2016).

### Fornalha

Nesta unidade são produzidas 2,5t de cinzas vegetais ao mês, a qual é armazenada à granel. Sugere-se que a mesma seja utilizada como adubo em áreas de reflorestamento da empresa, pois a utilização de cinzas resulta em substancial melhoria na agregação das partículas do solo, resultando significativos ganhos na fertilidade (GONÇALVES e MORO, 1995).

### Laboratório e ambulatório

O descarte das soluções ácidas e básicas, indicadores e compostos inorgânicos (70 l) gerados no laboratório da empresa é realizado em embalagens plásticas e baldes com identificação. Estes devem ser repassados para empresas especializadas no descarte desses resíduos. As embalagens plásticas (100 l) devem receber o mesmo destino.

Os resíduos do ambulatório, como algodão, esparadrapo, gaze, luvas de látex e micropore, possuem geração mensal variável, de acordo com os acidentes de trabalho ocorridos na empresa. São classificados como resíduos da saúde e apresentam alto risco biológico, por isso ressalta-se a importância da disposição adequada conforme a RDC ANVISA 306/2004.

### Maquinário, caminhões, automóveis e carrinho de mão

São geradas cerca de 30 unidades de pneus inaproveitáveis ao mês, que deverão ser recolhidos por uma empresa especializada, já que o descarte incorreto desses resíduos, como a queima, ou depósitos clandestinos pode trazer graves prejuízos ao meio ambiente, assim como à saúde pública, a partir do depósito de água, que pode ser foco para doenças (DA SILVA ALVES et al, 2015).

### Unidade de produção industrial, oficina, lubrificação automotiva

Nesta unidade de produção, são gerados, mensalmente, 70litrosde embalagem usada de óleo lubrificante e graxas, que são acondicionados à granel; 1540 litros de óleo lubrificante usado a granel e acondicionados em caixas de contenção com capacidade de 1500 litros; 12 unidades de filtro automotivo usado, 400 litros de panos e estopas contaminados e 200 litros de equipamentos de proteção individual contaminados, os quais são acondicionados em bombonas de 200 litros. Todos esses resíduos são recolhidos por uma empresa especializada.

### Sedimentos oriundos da lavagem de caminhões e máquinas

Nesta unidade são produzidos 70 litros de lodo, os quais são acondicionados em bombonas, os quais devem ser tratados adequadamente, sugerindo-se a utilização de filtro prensa.

### Prédios, construções, reformas, manutenções e rede de energia elétrica

São descartados, mensalmente, por esta unidade, 50 lâmpadas fluorescentes, que são armazenadas em caixas de papelão. Além disso, são produzidos, em quantidade variável, solo, tijolo, material cerâmico, solventes, concreto e argamassa, madeira, compensado, aglomerado, tubos de PVC e metais, que são armazenados à granel. Para os resíduos de solo, tijolo, material cerâmico, concreto e argamassa e argamassa, sugere-se a utilização como aterro. Para a madeira e os compensados, sugere-se a reutilização em fornos, para os metais e os tubos de PVC, a separação conforme a resolução CONAMA 275/2001 e para os solventes, a disposição conforme a RDC 306/2004.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a realização da pesquisa, foi possível observar que a empresa avaliada está em fase de adaptação às NBRs pertinentes à mineração e almeja obter a certificação ISO 9001.

O estudo apresentado é inovador, pois não existe no Brasil uma FMEA de processo aplicada ao gerenciamento de resíduos sólidos oriundos da atividade de mineração.

As pontuações atingidas após a aplicação da ferramenta demonstraram que com poucas atitudes gerenciais se consegue um resultado satisfatório, minimizando os impactos ambientais causados pela falta de gerenciamento dos resíduos sólidos.

É possível agregar ao grupo de administradores, a utilização do ciclo PDCA. Ao (P) planejar e ao (D) fazer, aplica-se a FMEA de processo. Ao (C) checar, pontua novamente e inicia o (A) agir. Com certeza haverão resultados minimizados e fascinantes no cômputo total.

## REFERÊNCIAS

[1] Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n.º 01, 25 de janeiro de 1986. Dispõe sobre diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação do Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n° 275, de 25 de abril 2001. Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva. Disponível em: < http://protegeer.gov.br/biblioteca/legislacoes/35-resolucao-conama-n-275-2001> Acesso em 18 ago. 2022.

_____. Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em 18 ago. 2022.

[2] DA SILVA ALVES, Vitória Emanuella et al. Impacto Ambiental provocado pela destinação incorreta de pneus. REVISTA ENIAC PESQUISA, v. 4, n. 2, p. 162-175, 2015.

[3] DNPM _ Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília, 1991.

[4] DACROCE, Noeli Pedroso; FUJIHARA, Hillary Mariane Lapas; BERTOLINI, GeyslerRogis Flor. Resíduos de Oficina Mecânica: proposta de gerenciamento de resíduos sólidos–LP Radiadores e Baterias Ltda. http://dx. doi. org/10.21714/19-82-25372016v10n2p97113. REVISTA DA MICRO E PEQUENA EMPRESA, v. 10, n. 2, p. 97-113, 2016.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/institucional/institucional.asp>. Acesso em 18 ago. 2022.

[5] FLORIANO, E. P. Planejamento ambiental. 1ª.ed. Santa Rosa: AMORGS, 2004. Disponível em: < l1nq.com/1ErYH> Acesso em 18 ago. 2022.

[6] GONÇALVES, JL de M.; MORO, L. Uso da cinza de biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de Eucalyptusgrandis. IPEF, v. 48, n. 49, p. 28-37, 1995.

[7] HARRINGTON, H. James; KNIGHT, Alan. A implementação da ISO 14000: como atualizar o SGA com eficácia. Atlas, 2001.

[8] FIRJAN. Manual de gerenciamento de resíduos. Rio de Janeiro: [s.n], 2019. 35 p.
. Disponível em: < encurtador.com.br/tPTVX> Acesso em 18 ago. 2022.

[9] NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação nov. 2004. Disponível em <http://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file> Acesso em 18 ago. 2022.

[10] NORMA BRASILEIRA ABNT 10006 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Mai. 2004. Disponível em: < encurtador.com.br/ADRX2> Acesso em 18 ago. 2022.

[11] NORMA BRASILIEIRA ABNT NBR 1174 – Armazenamento de Resíduos Classe II – A – Não Inertes e B – Inertes, jul. 1990.

[12] NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 12235 – Armazenamento de Resíduos sólidos perigosos, abr. 1992.

[13] PALADY, Paul. FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. Imam, 2004.

[14] SANTOS BRAGA, Florindo dos et al. Avaliação do aproveitamento de chorume proveniente de aterro sanitário na compostagem de resíduos sólidos urbanos. In: VI Simpósio Italo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2002. p. 1-15.

[15] TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. FMEA-Análise do tipo e efeito de falha. Acesso dia, v. 26, 2006.

# Capítulo 5

## *Os impactos socioambientais dos portos graneleiros na bacia do Rio Tapajós: A importância do despertar da comunidade local*

*Romilson Alves da Silva*

Resumo: O desenvolvimento econômico da região tapajônica, no Oeste paraense, traz consigo grandes percalços na questão socioambiental, esses empreendimentos que visam desenvolver a economia da região, também deixam rastros de destruição, poluição ao meio ambiente local, dessa forma, prejudicando a sociedade amazônica, que habitam às margens do Rio Tapajós. O texto traz como questão norteadora, quais os impactos socioambientais ocasionados por portos graneleiros às margens do Rio Tapajós mais modificam e agridem o cotidiano da população em lócus? A partir da questão norteadora faz-se a análise de como a inserção desses portos foi prejudicial para a população local fazendo um adendo com a discussão acerca das adversidades que a população local vivencia na busca para que haja uma promoção de debates e sensibilização, com o objetivo de que haja um acordo de como promover resistência e enfrentamento no panorama da sociedade local, em afinidade aos problemas ambientais, que a população enfrenta. O artigo está fundamentado em pesquisa bibliográfica baseada em Gil (2002), na análise foram estudados, artigos científicos, livros, sites que versam sobre o tema referentes aos impactos ambientais na região do Rio Tapajós. Este assunto é pertinente, visto que são necessárias e urgentes as pesquisas acerca da temática, uma vez que a agressão ao meio ambiente e sociedade, está acontecendo na atualidade de forma hostil, deve-se sensibilizar a população local no intuito de as pessoas procurarem de forma organizada a buscar seus direitos, e cabe aos órgãos competentes exigir que as leis sejam seguidas, para que as pessoas nessas localidades vivam em concordância com a natureza. Os impactos socioambientais dos portos no Rio Tapajós são desastrosos para a população local e ao ecossistema. A população que vive às margens do Rio Tapajós precisa ser melhor atendidas, os órgãos de fiscalização precisam garantir segurança a esses indivíduos, pois é de conhecimento de todos que os portos graneleiros construídos às margens do Rio Tapajós atrapalham essas pessoas que vivem às margens do rio, como em vilas próximas, é preciso sensibilizar as pessoas para lutar por questões de preservação ambiental.

Palavras-chave: Impactos Socioambientais, Rio Tapajós, Resistência.

## 1. INTRODUÇÃO

Há um problema imensurável quanto aos impactos socioambientais e aspectos como: pesca, agricultura e pecuária são tidos como os percalços mais frequentes no que comporta os 5.564 municípios brasileiros, mostrando que em nosso país essa problemática é presente e precisa de um estudo mais aprofundado acerca deste assunto que se mostra tão relevante. Sabe-se que a ocorrência, no que tange a alteração ambiental, que vem afetando as condições de vida da população vem crescendo na medida que também aumentam as faixas populacionais dos municípios, e podemos complementar que esse tipo de problema é mais recorrente nas regiões Norte e Nordeste, em contrapartida que são menos frequentes na região Sul.

Assim sendo, devemos entender que o impacto já causado pelas empresas graneleiras, no que diz respeito às violações de direitos humanos ocorridas, é um fato que sofre amplo agravamento devido a negligência do poder público ao acionar os mecanismos de compensação e indenização pelos danos que foram causados.

Podemos perceber que a abertura para que haja novos empreendimentos com amplas facilidades em instalações tornam os modos de vida na Amazônia mais difíceis e obscuros. Em meio a um contexto em que as negociações de concessões públicas às iniciativas privadas não são feitas de forma esclarecida à comunidade em um contexto em que cada informação se torna uma arma valiosa.

O presente estudo é baseado em uma análise bibliográfica, que está fundamentada nos estudos de Gil (2002), que descreve com a seguinte configuração sobre a referida análise, "desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos" (GIL, 2002, p. 44). Para a efetivação da análise foram estudados, artigos científicos, livros, sites que versam sobre a temática dos impactos ambientais na região do Rio Tapajós.

Com base nos estudos acerca da temática, a questão norteadora se definiu da seguinte forma: quais os impactos socioambientais ocasionados por portos graneleiros às margens do Rio Tapajós mais modificam e agridem o cotidiano da população em *lócus*? A cerca desta questão discutiremos também sobre as adversidades que a população em *lócus* enfrenta apontando a importância da promoção de debates com o objetivo de que haja um entendimento de como promover resistência e enfrentamento no panorama da população em relação aos problemas ambientais e sociais vigentes atualmente.

A situação ambiental da região oeste do Pará é um fato preocupante devido às construções dos portos, nas áreas ao longo do Rio Tapajós a questão ambiental e apoio aos ribeirinhos ficam em segundo plano. Diante de tais problemáticas explicitadas acima, surge uma inquietação:

> Porque agredimos o meio ambiente? Porque ao longo dos anos fizeram acreditar em conceitos errados. Hoje sabemos que: - Nós, seres humanos, não somos os donos da Terra. Fazemos parte dela. – Não temos de "dominar" a natureza. Precisamos aprender a viver em harmonia com ela. – Os recursos naturais não são apenas mercadorias a serem exploradas. Antes de tudo, são as bases de sustentação da vida. – Dependemos da Terra não depende de nós. – A exploração dos recursos naturais não pode continuar a crescer. Tais recursos são finitos. (DIAS, 2004, p. 10).

Deste modo, os assuntos ambientais e sociais na atualidade são situações pertinentes e inquietantes, tanto para um pesquisador universitário quanto para o ribeirinho morador das margens do Rio Tapajós sem nenhuma formação acadêmica, mas com muito conhecimento de vida, experiência da vivência nas localidades afetadas pelas construções dos terminais graneleiros, visto que essas empresas pouco se preocupam com os impactos na sociedade quanto ao meio ambiente situado às margens do Rio Tapajós.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. OS CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS DOS PORTOS GRANELEIROS NA BACIA DO RIO TAPAJÓS

Os impactos socioambientais para quem mora na região são catastróficos quando relacionados às pessoas que serão atingidas com as construções dessas obras que afetam o meio ambiente (fauna e flora), modifica a vida das pessoas que habitam nessas localidades dificultando os mesmos em suas inserções nesses lugares, os mais afetados em especial serão pescadores (SCHRAMM, 2017).

Deste modo, é nítido que as frentes de expansão capitalista acabaram tornando o Rio Tapajós, que fica localizado no Oeste do Estado do Pará, em um cenário de constantes alvos de projetos de diversos desenvolvimentos que acabam por alterar drasticamente a paisagem do local e não apenas este aspecto, como também as relações socioeconômicas, as formas de trabalho em detrimento a natureza. Após sofrer intensa extração mineral e madeireira que permeia e ainda é explorada com resíduos químicos e sociais ao longo de todo leito do Tapajós, onde percebe-se no horizonte das práticas de expansão capitalista novos e maiores investimentos empresariais na região.

Compreende-se que a relação do ser humano com a natureza terá que ser estabelecida de maneira que não haja agressão aos ecossistemas locais, estabelecendo uma relação de respeito. Observa-se o que Marx (1844, p. 1) fala acerca das regras pré-estabelecidas do homem ao meio ambiente:

> Dizer que o homem vive da natureza significa que a natureza é o corpo dele, com o qual deve se manter em contínuo intercâmbio a fim de não morrer. A afirmação de que a vida física e mental do homem e a natureza são interdependentes, simplesmente significa ser a natureza interdependente consigo mesma, pois o homem é parte dela.

Compreende-se que as grandes empresas, algumas gigantes multinacionais como: *Bunge*, Companhia Norte de Navegação e Portos – Cianporte, Hidrovias do Brasil, Bertolini Ltda., essas empresas como a Cargill que já atuam nas áreas de Mirituituba com seus terminais de commodities e portuários, têm como empreendedores recursos do BNDES e Banco da Amazônia. Existem outras empresas que têm projetos que visam instalações na região tapajônica, mas pouco se observa a preocupação com a população local. São empresas apenas com visão de mercado valorizando mais o capital do que o ser humano e têm pouca responsabilidade socioambiental, uma vez que na nossa sociedade capitalista atual só tem valorizado os recursos econômicos.

Observe a tabela 1, relação dos portos em construção, operação e previstos para a região do Tapajós:

**Tabela 1**: portos: construção, operação e previstos para serem construídos

| Em operação, previstos ou em construções | Portos |
|---|---|
| Em operação/Itaituba | Bunge, Cargill, Hidrovias do Brasil, ADM/ Atlas |
| Portos previstos para a região do Tapajós | Previstos para Itaituba: Cevital, Unirios, Chibatão Navegações, Reicon, Brick Logística, Amagi, Itaipava S/A, Woodhollow Participações LTDA, ATEMS Distribuidora de Petróleo, J.F.de Oliveira Navegações LTDA, Venbras Marítima LTDA, GORSKI Integradora. |
| | Previstos para Rurópolis: Odebrecht, Louís Dreyfus Commodities (LDC), Cianport. |
| Em construção/Itaituba | Cianport, Camaru Alimentos. |

Fonte: Elaborado pelo autor Romilson Alves da Silva (2022).

As localidades em torno das obras acabam por sofrer degradação devido à exploração local, como por exemplo: as vias de acesso, o fato de o transporte mais usado ser o rodoviário, estas vias apresentam-se em estado precário, como: asfaltos esburacados, existe pouca sinalização de trânsito, falta de acostamentos em partes da rodovia. Há lugares em que essas rodovias não têm asfalto e no período de chuva esses trechos ficam intrafegáveis. Já no período da seca esses trechos também oferecem muitos riscos, ocasionando vários acidentes devido aos bolsões de poeira que ficam sobre a estrada. Há um número grande de pessoas que foram vitimadas por acidentes na região de Mato Grosso e Pará, agora fala-se na construção da ferrovia "Ferrogrão", que traz consigo desmatamentos de Florestas Nacionais (FLONA), Áreas de Proteção Ambiental (APAS), Parques Nacionais (PARNAS). Consequentemente, trazendo destruição ao meio ambiente da região paraense.



Verifica-se que em Mirituituba há várias empresas terceirizadas trabalhando e são popularmente denominadas de "gatas", como: as Enjesul Indústria e Montagens Elétricas LTDA; Qualiti Montagens Industriais LTDA ME; Caldemont Montagem Industrial e Locação Eireli ME; Kajiwara Engenharia Eireli,

Enjesul e Enjomar. Essas empresas que estão trabalhando na região do Rio Tapajós, e como já é de conhecimento de todos, estão com previsão de construção de mais 26 Portos às margens do Rio Tapajós. Essas empresas deveriam ter mais responsabilidade socioambiental, contudo o que se observa é que há extermínio de sítios arqueológicos, desmatamento e destruição da mata ciliar e do assoreamento dos rios, crescimentos dos vilarejos e cidades da região de forma desordenada devido à vinda de pessoas à procura de trabalho nessas empresas que fazem escavações das áreas de implantação dos portos e com isso fomentam a falta de responsabilidade social, observe:

> Esta responsabilidade social é fundamentalmente um conceito ético que envolve mudanças nas condições de bem-estar e está ligada às dimensões sociais das atividades produtivas e suas ligações com a qualidade de vida na sociedade. Portanto, consubstancia-se na relação entre a empresa e seu ambiente de negócios (DONAIRE, 1995:21).

É de fundamental importância que essas empresas desenvolvam uma política de responsabilidade ambiental e preocupação com os ecossistemas locais e com a população que muitas vezes não são ouvidas, uma vez que os fóruns realizados não apresentam quase nada de relevante para essa população, o que se discute raramente é posto em prática, ficando apenas no papel as demandas exigidas pela população. Dessa forma faz-se necessário que a sustentabilidade ambiental seja um conteúdo amplamente debatido no âmbito escolar desde a educação infantil até o ensino superior, tornando assim um hábito, uma sensibilidade aos indivíduos na obtenção ao respeito às questões socioambientais.

> O desenvolvimento sustentável não se refere especificamente a um problema limitado de adequações ecológicas de um processo social, mas a uma estratégia ou modelo múltiplo para a sociedade, que deve levar em conta tanto uma viabilidade econômica quanto ambiental. Num sentido abrangente a noção de desenvolvimento sustentável remete à necessária redefinição das relações sociedade humana – natureza, e, portanto, a uma mudança substancial do próprio processo civilizatório. Entretanto, a falta de especificidade e as pretensões totalizadoras tem tornado o conceito de desenvolvimento sustentável, difícil de ser classificado em modelos concretos e operacionais e analiticamente precisos. Por isso, ainda é possível afirmar que não se constitui num paradigma no sentido clássico do conceito, mas uma orientação ou um enfoque, ou ainda uma perspectiva que abrange princípios normativos (JACOBI, 1997; RUSCHEINSKY, 2004; GUIMARÃES, 2001).

A construção de um porto às margens do Rio Tapajós traz sérias consequências ao meio ambiente, modifica a cadeia alimentar, a vida dos animais e sua dinâmica no meio ambiente, assim como também é afetada a população local, no caso específico em Miritituba, distrito da cidade de Itaituba, onde os portos estão localizados. Os ribeirinhos estão sendo privados de pescar próximo aos portos, fato que ocasiona o aumento da fome e a miséria da população. As águas do Rio Tapajós próximo aos portos estão poluídas, assim como os peixes e todo o ecossistema local. Isso é preocupante e requer que as autoridades brasileiras realmente façam com que as leis deste país possam ser respeitadas e seguidas com rigor, nesse sentido Vianna, argumenta:

> É tecnologicamente impossível construir e operar um porto sem interferir na dinâmica dos ecossistemas que integram e circundam o sítio ambiental no qual se inserem as instalações portuárias e se desenvolvem suas atividades (VIANNA, 2009, p. 67).

É de conhecimento de todos que há outros projetos para implantação de portos graneleiros em outras localidades, como no Santarenzinho que antes fazia parte de Itaituba e hoje já é pertencente ao município de Rurópolis, fato esse que criou um impasse jurídico entre os dois municípios referidos. Os moradores dessas localidades nada tem de melhorias, não contam com atendimento em postos de saúde, educação é precária, saneamento básico deplorável, áreas de lazer escassas, e precisam dessas e de outras melhorias que são necessárias para o bom desenvolvimento dessas populações. Devido ao grande fluxo de dinheiro há cobiça pelos impostos que as empresas pagam na implantação dos portos ao tributo municipal, esses recursos em sua grande maioria não são aplicados em benefícios da população, ocasionando problemas a existência dessas pessoas nesses espaços.

Devemos perceber que o modelo adotado de desenvolvimento efetivo operado pelo Estado Brasileiro na localidade da Bacia do Tapajós está apoiado no crescimento econômico por meio da exploração predatória dos recursos naturais da região. Eles adotam como premissas o uso alta tecnologia e fazem vastos investimentos principalmente no que tange a infraestrutura que acabam acarretando na modificação dos marcos legais. Esse modelo, é permeado pela infração aos direitos e garantias individuais dos habitantes da região, haja vista que não há a participação da população local que nesse contexto se vê excluída e absorta quanto aos fatos. Diante deste fato, vale salientar que ao desprezar os interesses da população não traz benefício para as localidades exploradas, pois é a população local que se vê cada vez mais ferida pelas desigualdades sociais.

> O diálogo e a cooperação também oferecem possibilidades para a participação ampla de todos os grupos sociais. Por outro lado, existe o perigo da imposição de uma ideologia de harmonia de tal forma que alguns grupos sacrificam-se muito mais do que outros simplesmente em nome da conciliação. (LITTLE, 2001:122).

A educação ambiental é importantíssima para a sobrevivência das populações na sociedade capitalista, as escolas terão que ensinar e estimular os alunos a terem respeito com o meio ambiente, para que haja então a preservação. Atualmente tem se observado as respostas que o meio ambiente tem apresentado, devido à falta de preservação e conscientização, por isso, as crianças desde a escola primária devem ser estimuladas a valorizar a preservação dos ecossistemas. O currículo escolar deve ser adequado para dar maior ênfase aos conteúdos referentes à preservação ambiental, para assim conduzir os educandos ao respeito à questão socioambiental, mas sabemos que para que haja essa realidade é preciso que se invista de maneira ampla na educação.

> a educação ambiental como promotora das mudanças de comportamentos ambientalmente inadequados – de fundo disciplinatório e moralista -; a educação ambiental para a sensibilização ambiental – de fundo ingênuo e imobilista; a educação ambiental centrada na ação para a diminuição dos efeitos predatórios das relações dos sujeitos com a natureza – de caráter ativista e imediatista; a educação ambiental centrada na transmissão de conhecimentos técnico-científicos sobre os processos ambientais que teriam como consequência uma relação mais adequada com o ambiente – de caráter racionalista e instrumental; e a educação ambiental como um processo político de apropriação crítica e reflexiva de conhecimentos, atitudes, valores e comportamentos que tem como objetivo a construção de uma sociedade sustentável do ponto de vista ambiental e social - a educação ambiental transformadora e emancipatória. (TOZONI-REIS, 2007).

Verifica-se que a maioria dos carreteiros que fazem o transporte dos grãos, não tem o hábito da preservação, visto que houve um aumento considerável da quantidade de lixo descartado às margens da BR 163 e Transamazônica. Certamente, faltam políticas públicas de conscientização ao meio ambiente, assim como projetos de reciclagem para diminuir as agressões ao ecossistema local. Vários animais selvagens são atropelados nas estradas, transformando a cadeia alimentar. Por mais que vivamos numa sociedade capitalista, deve-se ter sensibilidade com as questões ambientais, entretanto o sistema capitalista vislumbra somente o dinheiro.

> ...exige muito mais do que criar formas menos predatórias de produzir, seja por medidas racionalizadas, através de processos de reciclagem...seja pelo consumo verde e ambientalização dos consumidores. Todas estas medidas nada mais são, de um lado, do que formas que o capital encontra para escamotear os problemas que vão da produção ao consumo e, de outro, para prolongar as condições de sua sobrevivência. (TREIN, 2007, p. 119).



Contudo é uma situação preocupante, atual, pertinente e requer respeito às pessoas e ao meio ambiente em *lócus*, os índios Mundurukus estão insatisfeitos com a falta de respeito para com eles, não participaram de consultas sobre a construção de estações de transbordo de cargas (ETCs), é devido a essa insatisfação que eles travam uma batalha contra a construção de outros portos às margens do Rio Tapajós, uma vez

que foram tratados como se não fizessem parte dos moradores da região do Tapajós, observa-se a carta na íntegra dos índios.

Itaituba, 02 de julho de 2019 Carta do povo Munduruku contra os Portos no Tapajós:

> Nós, povo Munduruku do Médio Tapajós, denunciamos mais uma vez as destruições que Governo e empresas estão trazendo para o Tapajós. Há mais de 519 anos os pariwat continuam invadindo as nossas terras. Antes chegavam com seus navios, hoje chegam com barcaças de soja. Mas as marcas dos povos indígenas e dos ribeirinhos estão por toda a Amazônia. Por isso aqui tem Terra Preta (Katõ), tem árvores, plantas e animais de todo tipo. As marcas de Karosakaybu e os desenhos de Muraycoko mostram que somos os antigos dessa terra. Os pariwat fizeram leis para reconhecer nossa história, nossa relação com o território, nosso modo de vida diferente do deles. Para que existem essas leis? Constituição Federal, Convenção 169. Fizemos um Protocolo de Consulta e entregamos ao Governo, mas nós indígenas, os ribeirinhos e pescadores nunca fomos consultados. Já instalaram seis portos ao redor de nosso rio Tapajós e nunca vieram nos dizer como seríamos impactados. Nós já estamos sendo afetados com tantas barcas enormes passando pelas nossas aldeias, não conseguimos mais pescar perto de casa, temos que ir cada vez mais longe para conseguir alimentar os nossos filhos. Estamos até proibidos de pescar perto de onde estão os portos, ou de atravessar para o outro lado do rio. São seis empresas que estão afetando a vida de centenas de pessoas. E com a construção de mais portos o nosso modo de vida será ainda mais afetado. Sabemos também que essas obras geram especulação da terra, grilagem e ainda mais invasão para o nosso território. E junto com isso vem as drogas, a violência, a prostituição: mais conflito ameaçando a nossa vida e o futuro dos nossos filhos (XINGUMAIS, 2019).

Deste modo, os direitos das pessoas que habitam nessas localidades precisam ser respeitados, os mesmos terão suas vidas totalmente modificadas, muitos vivem da pesca, porém com as construções das barragens dificulta a pesca dos ribeirinhos. No entanto, as pessoas que habitam nas margens dos rios precisam de estímulos para exigir seus direitos, estabelecer a preservação ambiental é uma obrigação, o planeta precisa de ações que visam a relação homem-natureza em conformidade.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão socioambiental, está em pauta na região oeste paraense, devido aos prejuízos causados ao meio ambiente nessas localidades, com a ideia de desenvolvimento econômico, acontece as construções dos portos às margens do Rio Tapajós, situação que preocupando a sociedade local, que busca impedir esses desmandos ao meio ambiente e ecossistema.

Ademais, em meados dos anos 1999 e 2000, quando se falava em implantação dos portos graneleiros na região do Tapajós, pensava-se que a região de Itaituba iria facilmente desenvolver-se em específico o distrito de Miritituba, devido os portos serem instalados no seu território, mas não está acontecendo o esperado pela população da época. Até o momento, não houve nada de relevante em Miritituba, pelo contrário, aumentou o índice de violência, acidentes, e a destruição aos mananciais com a construção dos portos.

O texto traz como questão norteadora, quais os impactos socioambientais ocasionados por portos graneleiros às margens do Rio Tapajós mais modificam e agridem o cotidiano da população em *lócus*? Deste modo, devemos nos atentar para os maiores impactos sofridos pela população local e ainda discorrer brevemente acerca da importância de se investir na educação das pessoas da região por meio de debates e diálogos constantes em igrejas, escolas, sindicatos, envolver a sociedade civil, de forma geral, com as temáticas relacionadas com as questões de preservação socioambiental às margens do Rio Tapajós.

Nesse sentido, o complexo portuário tem ocasionado transtornos imensuráveis aos populares que residem às margens da BR 163 e Transamazônica em Miritituba (Itaituba) e Santarém. Assim sendo, pode-

se afirmar que os portos pouco trouxeram de desenvolvimento a essas cidades, pois aqui só é usado para os descarregamentos dos grãos, em sua grande maioria soja e milho e enviados a países de todo o continente do planeta, e os carreteiros não têm apoio financeiro das empresas, muitos trabalham há anos sem carteira assinada e ficam sem direitos garantidos. Ademais, deve garantir que as empresas envolvidas com questões relacionadas à destruição ao meio ambiente e aos ecossistemas, sejam responsabilizadas. Seguir as leis vigentes seria algo plausível e exigir dos grandes empresários que os recursos sejam aplicados em prol da população. Já aos políticos cabe aplicar e garantir se realmente os recursos estão sendo aplicados em favor da população.

A metodologia do estudo, foi uma revisão bibliográfica, embasada nos estudos de Gil (2002), a questão norteadora se caracterizou da seguinte maneira: quais os impactos socioambientais ocasionados por portos graneleiros às margens do Rio Tapajós mais modificam e agridem o cotidiano da população em *lócus*? Com a crítica da mídia local e de pessoas que moram nessas localidades, há uma sensibilização por respeito às questões ambientais e a preservação do ambiente local.

Portanto, a população deve cobrar e exigir seus direitos, para que todos possam viver em consonância, buscando o desenvolvimento econômico e essencial para a região tapajônica, visto que gera recursos e que a sustentabilidade ambiental das empresas seja eficaz, na preservação, sensibilização e conscientização ambiental, o que se observa que os povos tradicionais estão sendo desrespeitados, fazendo com que exista uma grande decepção.

Nesse sentido, verifica-se que as políticas públicas do governo brasileiro sempre estão voltadas e pautadas para favorecer o agronegócio, como o decreto de Lei número 9.048 de 10 de maio de 2017, essa Lei foi assinada pelo então Presidente Michel Temer e visava regularizar as instalações portuárias no país.

## REFERÊNCIAS


[1] DIAS, G.F. – Ecopercepção. São Paulo: Gaia, 2004.

[2] DONAIRE, D. Gestão Ambiental na Empresa. São Paulo. Atlas, 1995.

[3] GIL, Antonio Carlos. COMO CLASSIFICAR AS PESQUISAS? In: GIL, Antonio Carlos. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. p. 41-55.

[4] JACOBI, P. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. In: CAVALCANTI, C. (Org.). Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez Editora, 1997.

[5] LITTLE, P.E. A Difícil sustentabilidade. Rio: garamond, 2001.

[6] MARX, K. Manuscritos econômico-filosóficos: primeiro manuscrito. 2 ed. São Paulo: Abril Cultural, 1844.

[7] SCHRAMM, Franciele Petry. No médio Tapajós, portos avançam sobre os direitos das comunidades. Terra de Direitos. Disponível em: https://terradedireitos.org.br/noticias/noticias/no-medio-tapajos-portos-avancam-sobre-os-direitos-das-comunidades/22685#. Acesso em: 24 jan. 2020.

[8] TOZONI-REIS, M. F. C. Contribuições para uma pedagogia crítica na educação ambiental: reflexões teóricas. In: LOUREIRO. C. F. B. A questão ambiental no pensamento crítico: natureza, trabalho e educação. Rio de Janeiro: Quartet, 2007.

[9] TREIN, Eunice. A contribuição do pensamento marxista à educação ambiental. In: LOUREIRO, Carlos Frederico B. (org.) et al. A questão ambiental no pensamento crítico: natureza, trabalho e educação. Rio de Janeiro: Quartet, 2007.

[10] VIANNA, C. B. E. Conflitos de usos na Baía de Vitória: diagnóstico da gestão ambiental portuária e costeira. Vitória, 2009. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia e Ecologia - Universidade Federal do Espírito Santo.

[11] XINGUMAIS, Carta do povo Munduruku contra os Portos no Tapajós. 2019. Disponível em: <https://ox.socioambiental.org/sites/default/files/ficha-tecnica//node/290/edit/201907/Carta%20do%20povo%20Munduruku%20contra%20os%20Portos%20no%20Tapaj%C3%B3s.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2020.

# Capítulo 6

## *Aspectos geoambientais do bioma Caatinga aplicados ao sensoriamento remoto: O caso de estudo do Parque Nacional de Ubajara-CE*[2]

*Neison Cabral Ferreira Freire*
*Débora Coelho Moura*
*Alexandrina Saldanha Sobreira de Moura*
*Janaína Barbosa da Silva*

Resmo: O Parque Nacional de Ubajara, ou PARNA de Ubajara, localiza-se ao noroeste do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Este parque é uma importante Unidade de Conservação (UC) da biodiversidade do Planalto de Ibiapaba que compreende, após sua expansão, uma área de 6.299 hectares. Trata-se de uma importante unidade sedimentar do Nordeste brasileiro - a Unidade Geomórfica do Meio-Norte, conhecida também como Bacia Sedimentar do Parnaíba ou Bacia Sedimentar do Piauí-Maranhão. Este ambiente espélicos e caracteriza como um dos mais importantes do Brasil, com 14 grutas e cavernas descritas, sendo a "Gruta Ubajara" a mais conhecida e visitada do Parque. O Parque possui extensa área de cobertura, além da área de amortecimento, apresentando-se em excelente estado de conservação, como observado durante a pesquisa de campo em 2015. Contudo, a expansão imobiliária desordenada, a agricultura de subsistência e a pecuária extensiva da bacia leiteira vêm ocasionando graves ameaças para os gestores da UC, demandando maiores esforços para a fiscalização e o monitoramento da área. Nesse aspecto, o Sensoriamento Remoto emerge como uma solução viável para o monitoramento ambiental, tanto pela visão sinótica, como temporal, de extensas áreas que podem ser imageadas pelos satélites de observação da Terra, permitindo a rápida extração de informações precisas sobre o uso e ocupação do solo e sua dinâmica espaço-temporal. Nesse estudo, imagens de satélites foram utilizadas para mapear a UC, revelando aspectos e dados importantes para a gestão ambiental da área, tais como: a conservação da biodiversidade que pode ser medida pelos índices de vegetação utilizados e descrito no capítulo, o desmatamento ilegal e os possíveis impactos das mudanças climáticas, dentre outras possibilidades de investigação científica passíveis de serem executadas.

Palavras chave: Caatinga, Análise Geoambiental, Sensoriamento Remoto, Ubajara.

---

2 Este capítulo contém contribuições do artigo apresentado no II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido - II Conidis - (Campina Grande-PB, 2017) com revisões e atualizações relevantes realizadas pelos autores. Fonte: FONSECA, Rayane Cavalcanti Da et al.. O sensoriamento remoto como instrumento de gestão ambiental no bioma caatinga: o caso de estudo do parque nacional de ubajara. Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33691>. Acesso em: 08/09/2022 14:23.

## 1. INTRODUÇÃO

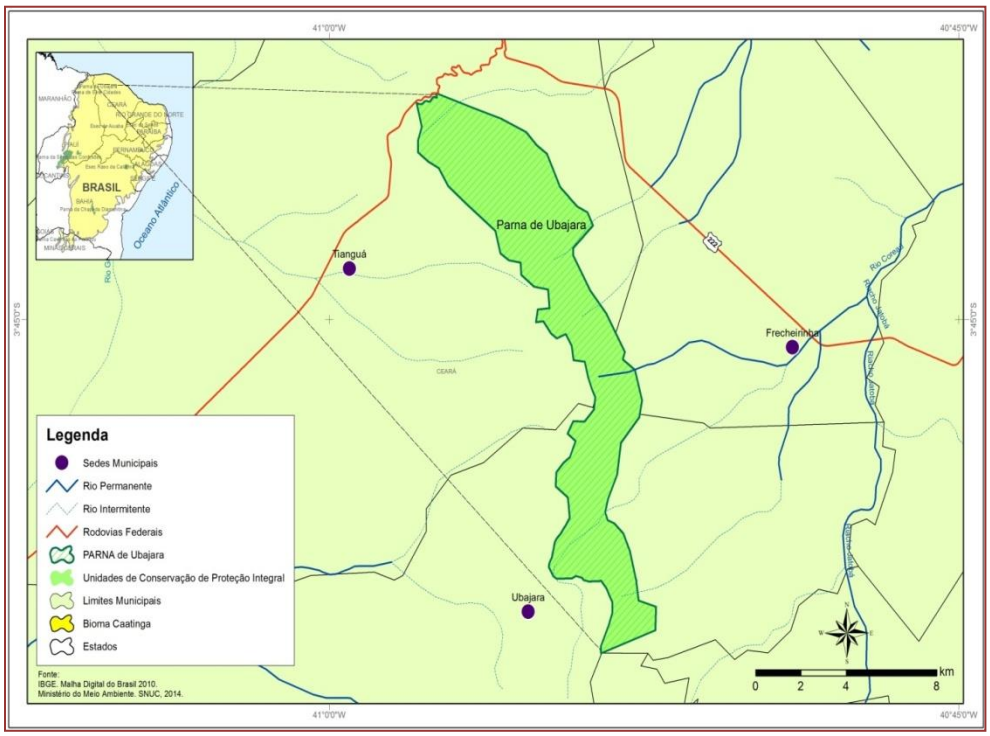
O Parque Nacional de Ubajara, ou PARNA de Ubajara, localiza-se ao noroeste do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil (Figura 1). Este parque é uma importante Unidade de Conservação (UC) da biodiversidade do Planalto de Ibiapaba, derivação geológica da Bacia do Parnaíba ou Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão, que está localizado na borda oriental no Estado do Ceará. O PARNA de Ubajara está distante 340 km da capital cearense, Fortaleza.

O Parque está sobre Administração Federal do ICMBio (Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade),sendo uma área de proteção integral, a qual deve ser utilizada de forma indireta, sem agressão à biodiversidade, garantindo a estabilidade ecológica, sendo permitida a utilização para fins acadêmico e para a prática do ecoturismo (RADAMBRASIL, 1981; VERÍSSIMO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2005; OLIVEIRA, 2010; CUNHA & ARAÚJO, 2014).

O PARNA de Ubajara faz um polígono em forma de "I", no sentido Norte-Sul, ao noroeste do Ceará; este se localiza na borda oriental da Bacia Sedimentar do Meio-Norte. A área de preservação ambiental do PARNA de Ubajara foi garantida em 30 de abril de 1959, com a promulgação do Decreto Lei n°45.959. Sua criação teve como objetivo resguardar as reservas geológicas, faunísticas, botânicas e geomorfológicas, no qual, esta última, destaca-se pela "Gruta Ubajara", uma das mais importantes cavernas do Brasil, com 1.120 m de extensão - a segunda maior em extensão, no território nacional. Esta caverna é uma das mais visitadas por turistas do Brasil, sem contar que existem na área inúmeras cavernas e grutas que compõe o ambiente cárstico da área em tela. O PARNA é uma reserva que representa um campo vegetacional de Arboreto Climático Perenifólio e Arboreto Climático Estacional Semidecidual(VERÍSSIMO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2005; OLIVEIRA, 2010; CUNHA & ARAÚJO, 2014).

O objetivo desse estudo foi analisar o sensoriamento remoto como instrumento de gestão ambiental e monitoramento de áreas protegidas no bioma Caatinga, tomando o caso de estudo do PARNA de Ubajara.

**Figura 1**: Mapa de Localização do PARNA de Ubajara




**Fonte:** Editado pelos autores (2022).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A proteção da biodiversidade do PARNA de Ubajara está respaldada pelo Decreto Lei n° 45.959, que criou e destinou uma área de 563 ha para a proteção integral ecológica. Posteriormente, o Decreto Lei n° 84. 017, de 21 de setembro de 1979 e a Constituição Federal de 1988, no seu artigo 225 e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) trazem garantias legais, para que a diversidade faunística, botânica e a geomorfologia do PARNA tenham respaldo legal, objetivando a defesa do fascínio paisagístico e da exuberância geomorfológica, para que estes sejam preservados (OLIVEIRA, 2010; CUNHA & ARAÚJO, 2014).

Entretanto, a beleza colossal do PARNA de Ubajara, por percebermos a ínfima área da reserva legal, não conteve em si todos os atrativos ecológicos do Planalto de Ibiapaba, pela a criação do Decreto n° 45.959. Assim, em 13 de dezembro de 2002, o Decreto S/N determinou o estabelecimento da proteção integral para o Parque, estabelecendo sua expansão para 6.299 ha. Portanto, este último decreto estabeleceu os limites do Parque para os municípios de Ubajara, Tianguá e Frecheirinha, localizando-se sobre as coordenadas geográficas de 03° 52’ 05” S e 40° 57’ 55,6” O; 03° 40’ 49” S e 40° 52’ 17,5” O (NASCIMENTO et al., 2005; OLIVEIRA, 2010).

## 3. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

O PARNA de Ubajara está localizado na borda oriental da província sedimentar do Parnaíba. Na sua borda leste, encontra-se o Planalto de Ibiapaba, sendo este um sistema monoclinal, apresentando uma importante área dobrada do arcabouço geológico e estrutural do sistema falhado e/ou basculhado dos grabens Jaibaras e Martinopóle. Este conjunto geológico estrutural do Médio Coreaú compreende os municípios de Viçosa do Ceará, Tianguá, Ubajara, Ibiapina, São Benedito, Carnaubal, Guaraciaba do Norte, Croata e Ipu. O PARNA de Ubajara, guarda em seu interior, a mais bela paisagem geomorfológica do Estado do Ceará (BRASIL-RADAMBRASIL, 1981; VERÍSSIMO et al., 2005; OLIVEIRA, 2010).

O sistema geotectônico instaurado no Paleozóico contribuiu para o surgimento de cisalhamentos, basculamentos e arqueamentos na litologia da Província da Borborema. Destacam-se os lineamentos Senador Pompeu-CE, Patos-PB, Pernambuco-PE, Sobral-Pedro II-CE, que são os mais importantes do Nordeste. Para o surgimento destas zonas tectônicas, os efeitos dos Ciclos Cariri Velhos e Brasilianos consubstanciaram para o surgimento de zonas conturbadas na litologia basal do Complexo Granitóide, ou cristalino, por efeitos tectônicos e termais, do qual podemos citar a sinéclise do Parnaíba (JUSTO, 2006; FREIRE, 2006; OLIVEIRA, 2010).

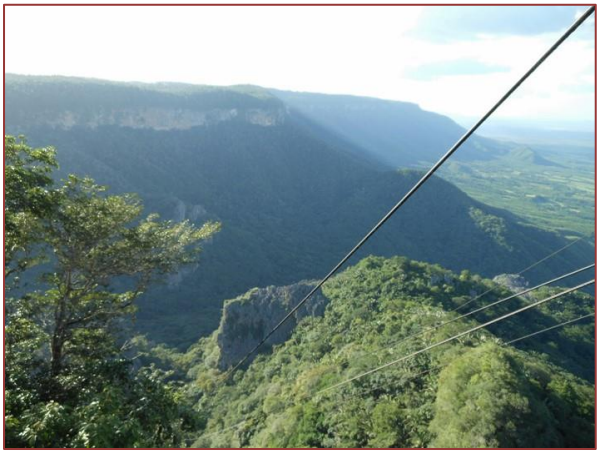
Esta área é uma importante unidade sedimentar do Nordeste brasileiro. A Unidade Geomórfica do Meio-Norte, conhecida também como bacia sedimentar do Parnaíba ou bacia sedimentar do Piauí-Maranhão. No entanto, esta unidade sedimentar ocidental nordestina compreende uma área de 600.000 km$^2$, abrangendo os Estado do Piauí e Maranhão, além de estar presente, parcialmente, nos Estado do Ceará, Tocantins, Goiás, Pará e da Bahia. Entretanto, a bacia sedimentar oriunda da era Paleozóica, detinha uma área bem maior que a atual, aproximadamente 700.000 km$^2$ (JUSTO, 2006; FREIRE, 2006; OLIVEIRA, 2010; SANTOS; SOUZA, 2012;MENESES, 2013).

No Período do Pré-cambriano houve o estabelecimento das bacias sedimentares interioranas na Plataforma Sul-americana. Este período é marcado por intensa movimentação da litologia do Complexo do Granitoide do embasamento cristalino, em especial sobre o nordeste da plataforma supracitada. Logo, estabeleceram-se as Províncias Gnássica-migmatíticas-graníticas (os maciços nordestinos) e as Províncias Metassedimentares (dos sistemas de dobramentos do cinturão metamórfico). Esta é uma das unidades mais representativas do nordeste da Plataforma Sul-americana, na Província da Borborema, cujo embasamento do Parque está no Domínio do Médio Coreuá (BRASIL-RADAMBRASIL, 1981; JUSTO, 2006; FREIRE, 2006; OLIVEIRA, 2010).

Portanto, a bacia sedimentar do Piauí-Maranhão compreende um sistema de rifteamento ou sinéclise do Parnaíba, no qual se instaurou o Conjunto sedimentar do Ocidente Nordestino (Figuras 2 A e B). O sistema de rifteamento foi instaurado principalmente do transcurso do Ciclo Brasiliano, no qual se formou a Bacia Intracratônica, do tipo Rift, ou Bacia Aulacogênica do Parnaíba. Conclui-se que no Período do Pré-cambriano se desenvolveu um sistema geotectônico, um rift, que logo, em seguida, instaurou-se na área processo de aplainamento, onde os sedimentos continentais correlatos ao Rift foram sendo depositados. Posteriormente, sucedeu-se que a sinéclise foi tomada pelo Mar epicontinental Siluri-devoniano, em que estabeleceu um sistema de deposição de sedimentos transgressivo e regressivo marinho. Por fim, a área foi arqueada pelo Sistema tectônico de soerguimento crustal, das bacias interioranas da Plataforma Sul-

Americana, onde logo se estabeleceu a exposição dos sedimentos continentais, marinhos, translacionais, deltaicos e fluviais dos Grupos Serra Grande (Siluriano), Grupo Canindé (Devoniano), Balsas (Triássico) e as Formações Grajaú, Codó e Itapecuru (Cretáceo) (JUSTO, 2006; FREIRE, 2006; OLIVEIRA, 2010; SANTOS & SOUZA 2012; MENESES, 2013).

**Figuras 2 A e B:**Feições da Bacia sedimentar do Parnaíba que compreende um sistema de rifteamento ou sinéclise do Parnaíba, no qual se instaurou o Conjunto sedimentar do Ocidente Nordestino, localizadas no PARNA de Ubajara



A B

Fotos: Moura e Freire, 2015.

Entretanto, destacam-se, na Província da Borborema, algumas áreas deprimidas, como o Domínio do Médio Coreuá. Estas áreas tiveram influência da incursão do mar epicontinental, áreas onde se estabeleceram as Bacias intracratônicas do interior da Plataforma Sul-americana. Merece, portanto, destaque que as zonas tectônicas, que se desenvolveram na Província Tectônica da Borborema, contribuíram para a formação da Bacia Jaibaras, formando um *Graben.* Este grupo, da base para o topo é composto pelas litofáceisTrapiá, Caiçaras, Frecheirinha e Coreuá. Os litotipos mais encontrados nestas unidades litoestratigráficas são o Arenito cinza, Conglomerado quartzoso, Quartzito com granulometria fina a média e o Calcário preto, róseo, vermelho e cinza-esbranquiçado (BRASIL-RADAMBRASIL, 1981; OLIVEIRA, 2010).

O PARNA de Ubajara está inserido na borda oriental da Bacia do Parnaíba, esta posição geográfica confere um relevo escarpado invertido (Figura 3 A), pertencente ao *front* cuestiforme (Figura 3 B) do Planalto de Ibiapaba, no qual a dissecação e aplainamento do relevo regional propiciou o aparecimento de morros testemunhos no sopé da chapada (Figura 4), bem como a dissolução carbonática dos calcários da Formação Frecheirinha, que fez surgir um ambiente cárstico. Este ambiente espélico denota-se com um dos mais importantes do Brasil, com 14 grutas e cavernas descritas, sendo a "Gruta Ubajara" a mais conhecida e visitada do Parque (VERÍSSIMO, et al, 2005; NASCIMENTO, et al, 2005; OLIVEIRA, 2010; SANTOS & SOUZA, 2012).

**Figuras 3 A e B:** Feições da Bacia sedimentar do Parnaíba, onde, A: compreende um relevo escarpado invertido e B: modelado com feições defront cuestiforme do Planalto de Ibiapaba, no Estado do Ceará, localizadas no PARNA de Ubajara

A B

**Fotos:** Moura e Freire, 2015.

**Figura 4:** Feições da Bacia sedimentar do Parnaíba, em que a dissecação e o aplainamento do relevo regional propiciaram o aparecimento de Morros Testemunhos no sopé da Chapada, localizadas no PARNA de Ubajara

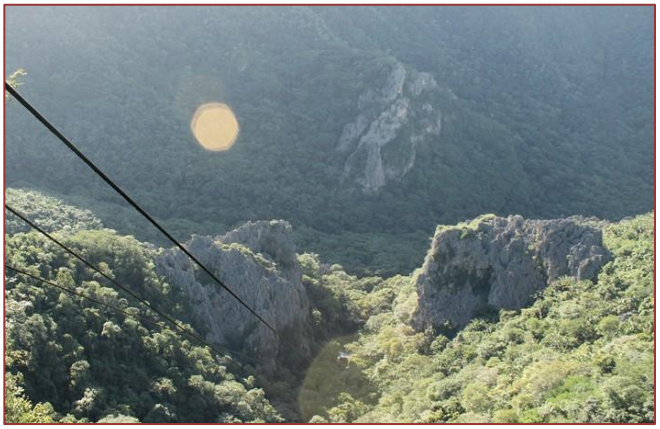


Foto: Moura e Freire, 2015

O Planalto de Ibiapaba compreende uma das mais importantes unidades sedimentares do Estado do Ceará. A altimetria deste compartimento sedimentar varia de 800 a 1100 metros de altitude. Este ambiente, desde o período de Subsidência, vem passando por forte entalhamento da litologia regional. As interações climáticas são condições propícias para o entalhamento do relevo regional, sobretudo, numa área com caracterização geológica devoniana, do qual se estruturou a morfogênese do relevo escarpado, da vertente oriental do Planalto de Ibiapaba. Em escala local, as condições da orientação do relevo propiciaram um microclima úmido, pois localiza-se a barlavento. Sendo uma exceção ao entorno semiárido ao Planalto de Ibiapaba, estas condições climáticas acentuou o processo morfodinâmico da paisagem (Figuras3 A e B) (OLIVEIRA, 2008, OLIVEIRA; BASTO, 2009).

O PARNA de Ubajara está inserido na Bacia do Médio Coreúa, a drenagem da bacia exorréica, dentrítica, do tipo arborescente.A drenagem principal é feita pelo Rio Coreúa, determinado pela declividade do relevo, do qual forma-se como um tronco de uma árvore, sendo seus tributários os ramos desse tronco. Os cursos d'água se distribuem por todo o Parque, onde as confluências dos tributários formam ângulos retos; esta configuração dentrítica é uma exceção para a drenagem regional. Tendo em vista que num padrão de drenagem dentrítica não se observam ângulos retos nas confluências dos cursos d'água e estes são exceção, conclui-se que tal característica se deve ao padrão geológico, muito em consequência das

influências tectônicas regionais. A superfície de drenagem do Rio Coreúa se estende de S-N, drenando uma área superior a 4 mil km$^2$ no Planalto de Ibiapaba (BRASIL-RADAMBRASIL, 1981).

O clima do PARNA de Ubajara é Tropical Quente e Úmido, com temperaturas inferiores a 20º C, que é diferente do seu entorno, o semiárido. Mormente, acentua-se a posição geográfica e exposição aos ventos alísios úmidos litorâneos; este corolário climático é devido a sua localização, que não é tão acentuada como no litoral cearense. O clima local do Planalto de Ibiapaba é classificado como Aw', segundo a Classificação de Köopen. O período chuvoso é de verão-outono (janeiro-maio) e o período seco de primavera-inverno (julho-novembro), a média anual das precipitações são de 640 a 1000 mm, as temperaturas ficam em média de 18 a 29° C (AGUIAR & VASCONCELOS, 2012).

Os solos do PARNA de Ubajara são influenciados pela compartimentação do relevo. Associado a este fato, em nível de superfície, encontram-se três ambientes morfogenéticos ao Parque: 1ª) as áreas de platôs bem dissecados e com movimentação de massa para áreas adjacentes, 2ª) as áreas com solos ou rochas expostas e, 3º) as áreas depressionais ao Parque. As disposições dos solos estão condicionadas pelas condições da morfologia do relevo ondulado a escarpado e pela condição climática regional. Nota-se a disposição dos Argissolos e Latossolos vermelho-amarelado (Figuras 5 A e B), que são solos profundos, bem drenados e no qual está disposta a vegetação ombrófila pluvial, além das áreas com presença de solos franco-arenosos, devido a pedogênese do arenito e do calcário, em solos profundos, bem desenvolvidos e com a presença de argila concentrada no horizonte B. Os Neossolos Litólicos, ou Afloramentos Rochosos (Figura 5 C), e Neossolos Quartzarênicos, que estão nas áreas expostas, apresentam solos pouco desenvolvidos devido à baixa atuação dos processos pedogenéticos, sem o diagnóstico do horizonte B e Luvissolos Crômicos Órticos (Figura 5 D), na região de Depressão Sertaneja(BEZZERRA, 2005; OLIVEIRA & BASTO, 2009, JACOMINE, 2009).

**Figuras 5 A, B, C e D:** Feições dos solos da Bacia sedimentar do Parnaíba, onde A: morfologia do relevo ondulado a escarpado e, pela condição climática regional, nota-se a disposição dos Argissolos, B: Latossolos vermelho-amarelado, C: Neossolos Litólicos, ou Afloramentos Rochosos e D: Luvissolos Crômico Órtico, localizadas no PARNA de Ubajara

A

B

C

D

Fotos: Moura e Freire, 2015.

## 4.METODOLOGIA

### 4.1. AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

A UC PARNA de Ubajara foi mapeada e analisada a partir de imagens satelitais adquiridas durante o período chuvoso ou logo após este período. Esta condição foi necessária em razão dessa Unidade está inserida num brejo de altitude do bioma Caatinga. Quando a imagem adquirida foi do período seco identificavam-se apenas algumas espécies isoladas, predominando o solo com características de exposto.

O estudo da vegetação utilizando Sensoriamento Remoto se processa a partir da interação com a radiação eletromagnética (REM) realizada pelas espécies vegetais decorrente do processo de fotossíntese através dos seus pigmentos fotossintetizantes, sobretudo as clorofilas, xantofilas e carotenos presentes principalmente nas folhas. Contudo a absorção do espectro por esses pigmentos se dá apenas na faixa entre 0,40 a 0,72 µm, ou seja, na região do visível da REM (VIS) (SHIMABUKURO e PONZONI, 2007). A escolha de cada imagem também considerou a ausência ou menor presença de nuvens sobre as áreas de estudo.

Para a UC se estabeleceu a utilização de imagens de dois anos distintos. O primeiro período analisado considerou as campanhas de campo, sendo que as imagens de 2015 foram utilizadas para as campanhas no referido ano. O segundo período analisado correspondeu ao do ano de 2000 (ou próximo, em função da disponibilidade de imagens livres de nuvens). Esse ano faz referência ao ano de criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Lei nº 9.985/2000), podendo ser admitida imagem do ano anterior ou posterior ao SNUC quando identificada a presença de nuvens que comprometessem a análise.

As imagens utilizadas foram dos satélites 8, 5 e 7 da série LandSAT e sensores OLI, TM e ETM+, respectivamente. Estas foram adquiridas no sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2014) e ou do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2014). Foram, ainda, pesquisadas as informações correspondentes ao satélite, órbita, ponto e dia de cada imagem para que todas as unidades fossem, devidamente, georreferenciadas.

### 4.2. GERAÇÃO DA CARTA-IMAGEM MULTIESPECTRAL

A carta-imagem do PARNA de Ubajara de 2017 (Figura 16) é um produto gerado a partir de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) utilizadas em Sensoriamento Remoto e tem por objetivo gerar uma carta georreferenciada com a imagem da área em estudo (Figura 6), permitindo uma visão geral de toda a extensão do PARNA com a melhor acuidade visual possível dos alvos presentes sobre a superfície terrestre**.** Pelas possibilidades de visualização da área numa única imagem, resulta num produto de especial interesse à gestão ambiental, tais como ações de demarcação, fiscalização e acompanhamento da recuperação de possíveis áreas degradadas dentro da UC e seu entorno próximo.

Para a elaboração da Carta-imagem Multiespectral da UC foram utilizadas as mesmas imagens satelitais processadas tanto para o mapeamento temático, como para os índices de vegetação. Os tratamentos empregados foram: georreferenciamento, conversão de formato, composições de bandas multiespectrais (RGB) que variaram de acordo com o satélite/sensor; aplicação de contraste e equalização do histograma, fusão das bandas multiespectrais com a banda pancromática (LandSAT 7 e 8) para melhorar a resolução espacial da imagem resultante, passando de 30m para 15m – quatro vezes melhor em termos espaciais, portanto. Foram selecionadas as bandas espectrais que registram o espectro da energia refletida, indo da região do visível ao infravermelho próximo, pois os alvos de interesse da pesquisa têm grande resposta espectral nesta faixa, como é o caso da vegetação e dos corpos hídricos superficiais.

A imagem fusionada resultante foi exportada em formato GEOTIFF para o software ArcGIS 10.2 licenciado para o CIEG para a confecção do layout final e plotagem no formato A0 Estendido (900 x 1.200 mm) em papel fotográfico brilhante. Para o processamento das imagens de satélite foi utilizado o program a computacional *Spring* (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas), Versão 5.4.3 64 bits. desenvolvido pelo INPE (2003).

**Figura 6:** Carta-Imagem do PARNA de Ubajara de 2017

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4.3. TRATAMENTO DOS DADOS SATELITAIS E ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO

Após a seleção das imagens LandSAT e conversão dos arquivos digitais para o formato GRIB, o primeiro passo foi definir um esquema conceitual no *Spring*, estabelecendo-se, sequencialmente, um Banco, um Projeto, as Categorias e os Planos de Informações conforme a estrutura de dados georreferenciados utilizados.

Ao iniciar o processamento das imagens orbitais no programa computacional *Spring*, utilizaram-se Transformações Polinomiais e foi realizado o registro ou georreferenciamento das imagens originais, isto é, estabeleceu-se uma relação entre coordenadas da imagem e coordenadas geográficas, cujos pontos de controle foram obtidos a partir de coordenadas retiradas das cartas analógicas do Ministério do Exército, na escala de 1:100.000, observando pontos notáveis nas imagens e procurando definir uma distribuição mais uniforme e concentrada para cada área de estudo.

## 4.4. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL

Para a UC foram realizadas comparações entre os Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e os Índices de Vegetação Ajustada ao Solo (IVAS), objetivando definir o que melhor respondeu ao mapeamento das fisionomias Água, Solo Exposto, Caatinga Herbácea, Caatinga Arbustiva e Caatinga Arbórea com o intuito de identificar possíveis mudanças para o intervalo analisado com uma média de 14 anos entre as datas de aquisição das imagens orbitais, aproximadamente.

Também foi escrito um programa em linguagem de álgebra espacial, implementado no software Spring (INPE, 2014), que fez a comparação entre dois mapas temáticos de épocas distintas da mesma unidade, identificando as áreas cujas classes temáticas não registraram mudanças, como também aquelas onde houve degradação ou recuperação ambiental. Após o processamento, o programa gerou o mapa temático de mudanças no uso do solo da UC. Cada mapa temático original de cada data teve as seguintes classes temáticas ou planos de informação (PIs):

Arbórea-arbustiva

Arbustiva-herbácea

Solo exposto

Água-sombra

Áreas antropizadas

Nuvem-sombra

Em síntese, com o cruzamento dessas seis classes, o algoritmo criou, para cada UC, um novo Plano de Informações com as mudanças ocorridas entre as duas datas, gerando um mapa temático da área com as seguintes classes:

a. Sem mudanças (as áreas eram iguais em termos de classes temáticas para as duas datas);

b. Degradação ambiental (houve perda ou simplificação de fisionomias de caatinga entre a data mais antiga e a mais nova, ou era caatinga e se tornou solo exposto, ou era Caatinga e se tornou área antropizada).

c. Recuperação ambiental (áreas de solo exposto que se converteram em caatinga, ou áreas de caatinga que se converteram para fisionomias de maior porte, ou áreas antropizadas que se converteram em caatinga).

d. Não se classifica (presença de nuvens ou sombra de nuvens em alguma das datas em análise).

Após a execução, foram realizadas tabulações cruzadas entre os PIs para se verificar as contribuições de cada classe nas mudanças de uso do solo ocorridas em cada período estudado, buscando, ainda, as razões para tais mudanças a partir das expedições de campo realizadas pela equipe.

## 4.5. QUANTIFICAÇÃO DAS FISIONOMIAS

A partir dos Índices de Vegetação, quantificou-se o número de pixels para cada uma das fisionomias e multiplicou-se por 900m$^2$ (área de um pixel do Landsat para as bandas utilizadas, cuja resolução espacial é de 30m) e em seguida dividiu-se por 10.000, obtendo-se, então, a área total em hectares. Este processo foi realizado para todas as imagens satelitais. De posse dessa informação foi possível identificar aumento, perda, estagnação e ou substituição das fisionomias, bem como confrontar com as pesquisas *in loco* possíveis ações e impactos que acarretaram tais alterações a partir de levantamentos expeditos e entrevistas com gestores, brigadistas e moradores do entorna da UC.

Para o mapa temático de mudanças no uso do solo realizado pelo algoritmo criado, o software Spring calculou as respectivas áreas de todas as classes geradas. Transportaram-se os dados calculados para uma planilha eletrônica e foram gerados os gráficos correspondentes, o que permitiu uma melhor discussão sobre os resultados obtidos.

### 4.6. EMPILHAMENTO DAS BANDAS ESPECTRAIS

Este procedimento acumula em um único arquivo as bandas as quais se quer trabalhar, permanecendo as características individuais, para então proceder às composições RGB e ou às correções de radiância e reflectância. Este procedimento varia de acordo com o satélite e os Índices de Vegetação aplicados. Para as imagens do Landsat 5 e 7 utilizaram-se as bandas 4 (0,76-0,90 µm) e 3 (0,63-0,69 µm), enquanto para o Landsat 8 foram as 5 (0,85-0,88µm) e 4 (0,64-0,67 µm) (USGS, 2014).

### 4.7. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

Devido à importância do relevo e da geomorfologia do PARNA de Ubajara, a criação de um Modelo Digital de Elevação (MDE) ou Modelo Numérico de Terreno (MNT) mostrou-se importante para a gestão ambiental da área em estudo, ao permitir uma visualização em terceira dimensão, inclusive com a aplicação de camadas de imagem fusionadas, podendo, por exemplo, identificar a relação da altimetria com processos de degradação ou de recuperação ambiental.

Para a modelagem dos dados foi usado o *software* para Sistemas de Informação Geográfica *Quantum GIS* na versão 2.8.1. Este é um *software* livre (gratuito), que suporta um número variado de formatos de dados vetoriais e matriciais. Possui, também, variados complementos, o que permite mais opções de análises espaciais.

Os dados utilizados foram:

**a)** uma camada vetorial poligonal (*shapefile*) da Unidade estudada;

**b)** uma camada vetorial poligonal (*shapefile*) do entorno da Unidade estudada.

**c)** uma camada *raster* (matricial) SRTM (imagens topográficas feitas pela missão *Shuttle Radar Topography Mission*), e

**d)** uma camada *raster* (matricial) formada por uma sobreposição das bandas 6, 5 e 4 da Unidade de uma imagem registrada pelo satélite *Landsat* 8.

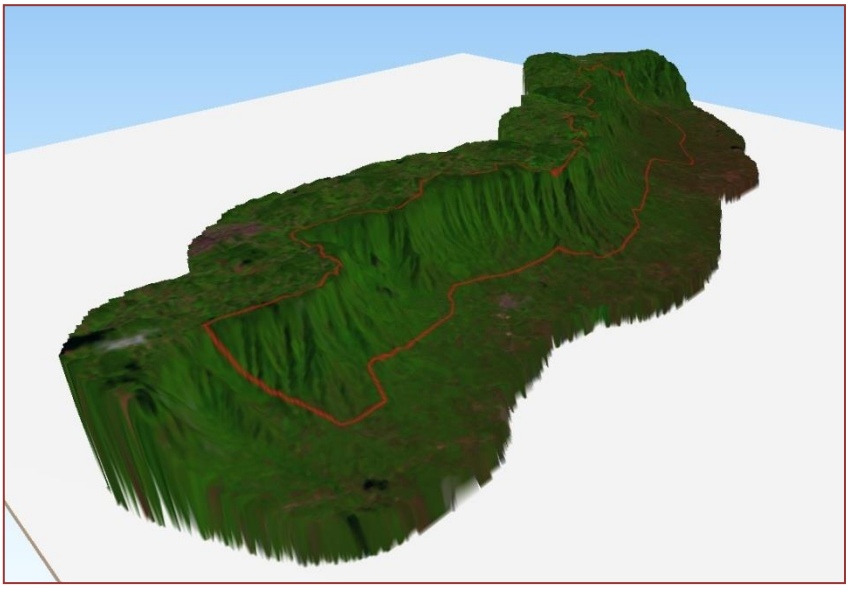
Esses dados foram obtidos pela Internet. Os dados vetoriais no formato *shapefile* foram obtidos no site do Ministério do Meio Ambiente, no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Os arquivos matriciais SRTM foram conseguidos através de no *site* da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e os arquivos matriciais *Landsat* 8 foram obtidos, parte no sítio *Earth Explorer* (pertencente ao United States Geological Survey), parte no *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

No caso das imagens *Landsat 8*, como são geradas inúmeras fotos da mesma área, o usuário tem a opção de escolher a imagem que mais lhe será útil. Nesse caso, foram escolhidas imagens com menos nuvens, pois no processo de criar a imagem 3D, as nuvens aparecem como parte do relevo. Depois de escolher a imagem, o usuário deve fazer o *download* das bandas 6, 5 e 4. No site do INPE, o usuário tem a opção de fazer o *download* por bandas; ou seja, pode baixar apenas as bandas que for usar. Já o site *Earth Explorer* não dá essa opção; o *download* é feito com todas as bandas da imagem. Nos dois sites é preciso que o usuário seja cadastrado para fazer o download. A imagem escolhida para fazer a modelagem e, consequentemente, sua visualização 3D, foi adquirida no site do INPE[3]. A visualização 3D do PARNA de Ubajara está exemplificada na Figura 7 a seguir.



[3] Fonte: FRANÇA, Ana. Visualização tridimensional utilizando a modelagem numérica de terreno e suas aplicações em ciências geográficas. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Depto. Ciências Geográficas, UFPE: Recife, 2015.

**Figura 7:** Vista do Modelo Digital de Terreno (MDT) da área do PARNA de Ubajara (poligonal na cor vermelha) e entorno, gerado no CIEG para a pesquisa, a partir de imagens ortorretificadas AVNIR-2 e ortomosaicos AVNIR-2, produzidos pelo IBGE (2015); inclui material Jaxa; exagero vertical 5x; dados processados no QGIS



Fonte: Autores (2015).

## 4.8. RECORTE GEOGRÁFICO, CALIBRAÇÃO E REFLECTÂNCIA DAS IMAGENS

O recorte da UC foi realizado por meio do uso das delimitações espaciais no formato shapefile disponibilizados no sítio do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2014).

A **Calibração Radiométrica** com base na Radiância foi realizada pela conversão dos valores dos níveis de cinza de cada pixel da imagem em radiância espectral monocromática para cada pixel da imagem.

As imagens da série Landsat em forma bruta estão em níveis de cinza com ampla variedade de dados, que possibilitam a extração de informações como resultado da energia transportada pela radiação eletromagnética (energia radiante) e a sua irradiação para o sensor. Sabe-se que a energia incidente sobre uma superfície natural (não regular) e refletida de volta para o sensor de maneira irregular, assim surge à necessidade de considerar o ângulo de reflexão para a determinação das propriedades radiométricas objetivando estabelecer a intensidade radiante em cada ponto/pixel da imagem (USGS, 2014; MORAIS, 2014).

A **Reflectância** foi obtida pela razão entre o fluxo incidente e o refletido por uma superfície com relação direta à reposta espectral dos alvos (BASTIAANSSEN et al., 1998; ALLEN et al., 2002; SILVA et al., 2005), podendo ser expressa em porcentagem (JENSEN, 2009).

## 4.9. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (IV)

O objetivo dos IVs é extrair e ampliar as informações do pixel sobre o vigor da vegetação e ao mesmo tempo minimizar os efeitos do ambiente através da combinação de duas ou mais bandas de distintas regiões do espectro (JACKSON & HUETE, 1991).

Os índices utilizados foram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS). As imagens resultantes desse processamento serão apresentadas e discutidas adiante.

### 4.10. CAMPANHAS DE CAMPO

Foi realizada campanha de campo na UC em 2015. Na Unidade pesquisada buscou-se identificar as fisionomias Água e Solo Exposto, bem como as fitofisionomias peculiares da Caatinga a partir dos seus substratos denominados de Herbácea, Arbustiva e Arbórea. O objetivo foi o reconhecimento das fisionomias, coleta da respectiva coordenada para calibração dos Índices de Vegetação gerados em laboratório. Utilizou-se para tanto receptor de GPS tipo navegação para coleta das coordenadas e fotografias georreferenciadas.

### 4.11. CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A classificação utilizada foi a supervisionada por método manual; esta agrupa cada pixel da imagem a uma classe, a partir de seus valores de intensidade espectral. Inicialmente, estabeleceu-se o número de cinco fisionomias (Água ou Água/Nuvem, Solo exposto, Caatinga Herbácea, Caatinga Arbustiva e Caatinga Arbórea). Por fim manipulou-se manualmente o histograma a fim de estabelecer os pixels que pertenceriam a cada fisionomia.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DOS ALVOS E ÍNDICES NORMALIZADOS DE VEGETAÇÃO: MAPEAMENTO TEMÁTICO ENTRE 2001 E 2015

Com relação ao mapeamento temático temporal do PARNA de Ubajara, as imagens do satélite LandSAT 7 ETM+ foram utilizadas para o mapeamento temático de 2001, enquanto que as imagens do satélite LandSAT 8 OLI foram utilizadas para 2015. Várias técnicas de Processamento Digital de Imagens foram empregadas no software Spring 5.5 a fim de se obter uma Classificação Supervisionada para ambas as datas.

As classes temáticas e sua quantificação em km² estão mostradas por meio das **tabelas1 e 2**, bem como por meio das **figuras 8 a 17**.

**Tabela 1:** Área em km² da classe temática em 2001 do PARNA de Ubajara

| Classes Temáticas | PARNA de Ubajara (2001)/km² |
|---|---|
| Fitofisionomia Arbórea | 10,828125 |
| Fitofisionomia Arbustiva | 21,9114 |
| Solo exposto | 13,988025 |
| Nuvem/Sombra de Nuvem | 10,984275 |
| Área Antropizada | 4,65885 |

Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 8:** Gráfico das áreas classificadas do PARNA de Ubajara em 2001 (km$^2$)

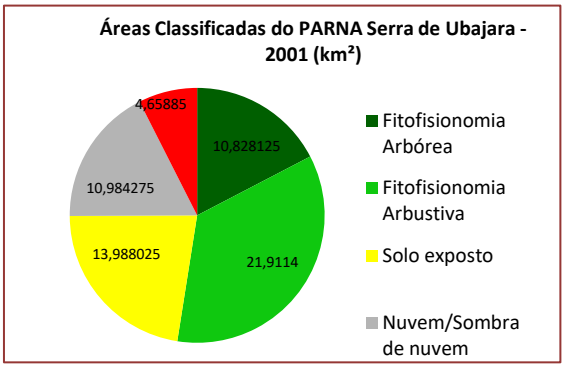
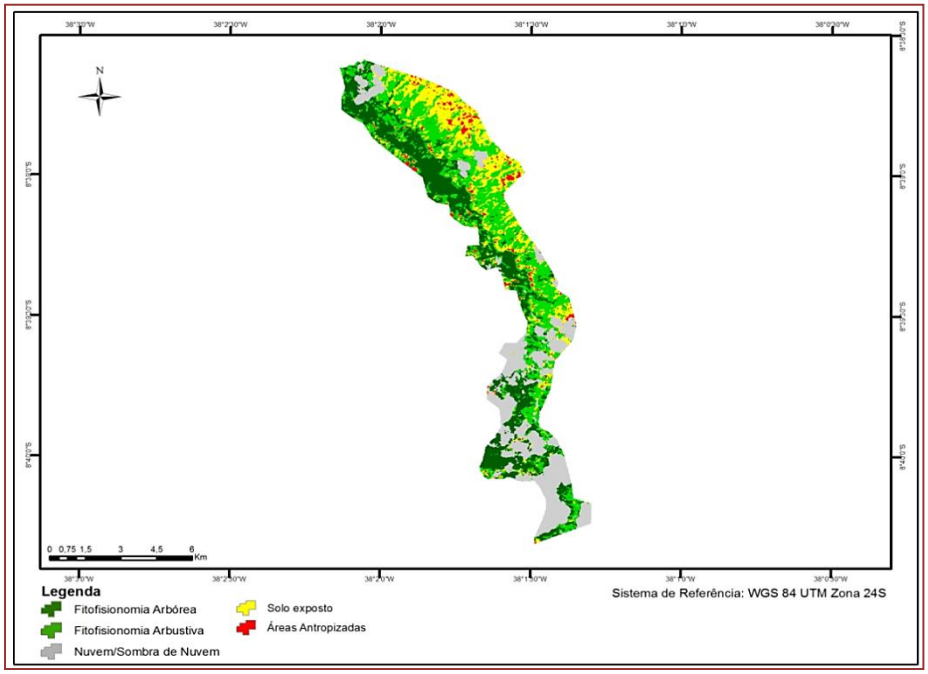



**Figura 9:** Mapa Temático de Uso e Ocupação do PARNA de Ubajara, elaborado a partir de imagem LandSAT 7 ETM+ de 16/08/2001




Fonte: elaborado pelos autores

**Tabela 2:** Área em km$^2$ da classe temática em 2015 do PARNA de Ubajara

| Classes Temáticas | PARNA de Ubajara (2015)/km$^2$ |
|---|---|
| Fitofisionomia Arbórea | 15,276825 |
| Fitofisionomia Arbustiva | 29,478825 |
| Solo exposto | 13,591125 |
| Área Antropizada | 4,293 |

Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 10:** Gráfico das áreas classificadas do PARNA de Ubajara em 2015 ($km^2$)

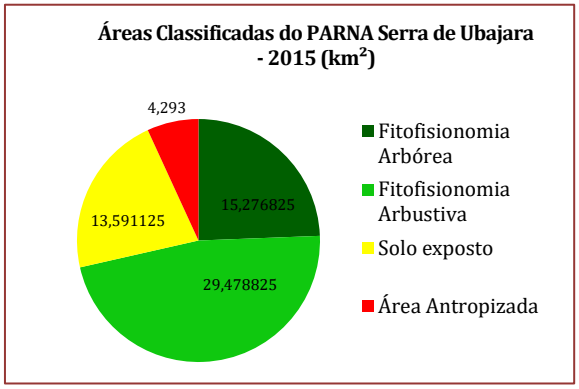
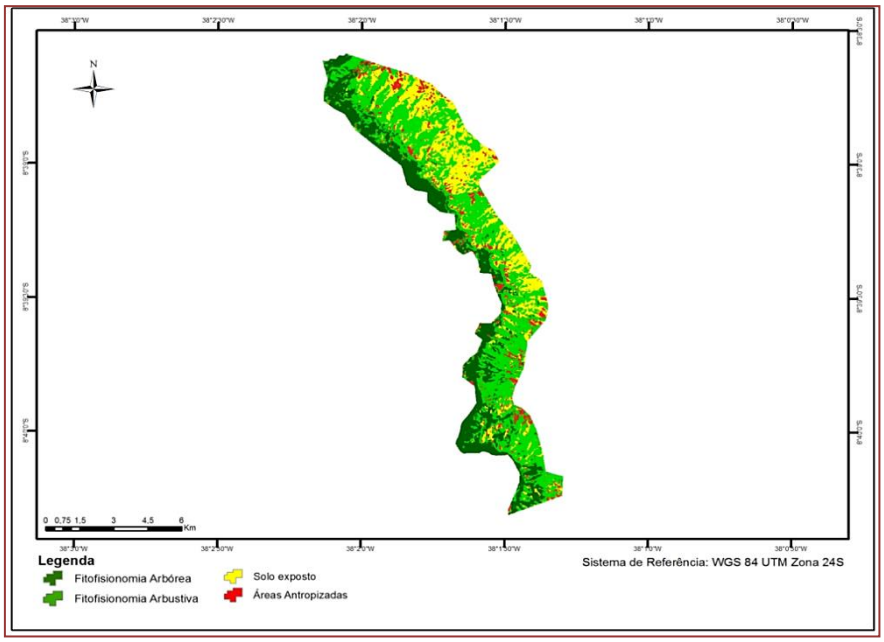



**Figura 11:** Mapa Temático de Uso e Ocupação do PARNA de Ubajara, elaborado a partir de imagem LandSAT 8 OLI de 01/08/2015




Fonte: elaborado pelos autores.

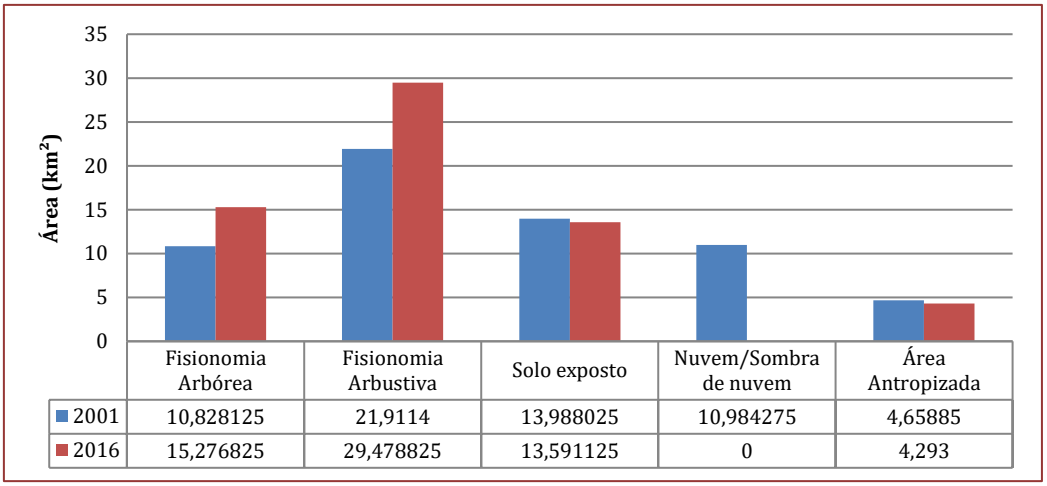
A **tabela 3** mostra os resultados da quantificação das áreas das classes temáticas de ambas as datas pesquisadas, enquanto que a **figura 12** mostra o gráfico desses dados. A partir dos resultados, podemos verificar que houve um considerável aumento de áreas com fisionomias arbórea e arbustiva no período estudado e uma discreta diminuição de áreas com solo exposto e antropizadas – o que demonstra o bom estado de conservação desta unidade.

**Tabela 3:** Áreas em km² das classes temáticas em 2001e 2015 do PARNA de Ubajara

| Classes Temáticas | PARNA de Ubajara (2001)/ km² | PARNA Serra de Ubajara (2015)/km² |
|---|---|---|
| Fitofisionomia Arbórea | 10,828125 | 15,276825 |
| Fitofisionomia Arbustiva | 21,9114 | 29,478825 |
| Solo exposto | 13,988025 | 13,591125 |
| Nuvem/Sombra de Nuvem | 10,984275 | 0 |
| Área Antropizada | 4,65885 | 4,293 |

Fonte: elaborado pelos autores.

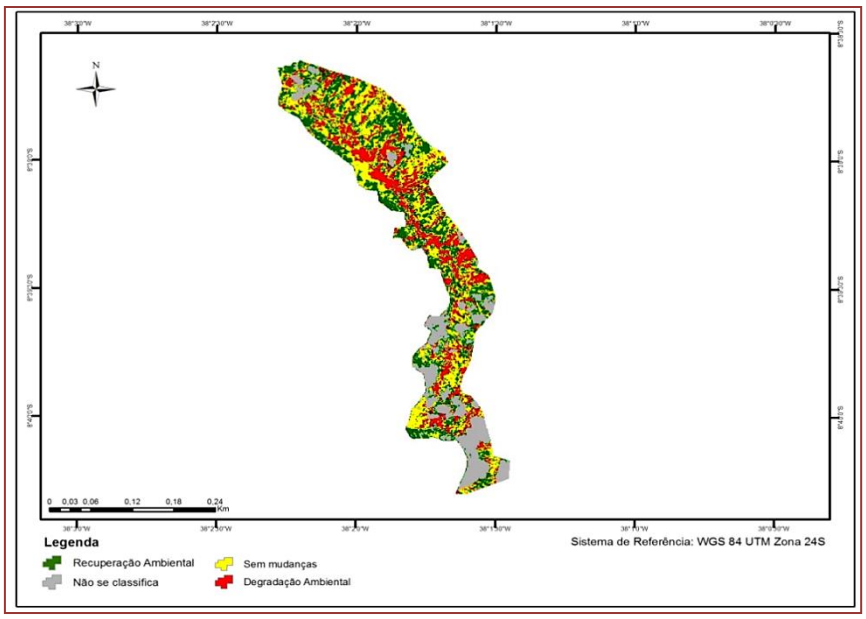
**Figura 12:** Gráfico da dinâmica da cobertura e uso do solo no PARNA de Ubajara entre 2001 e 2015




Fonte: elaborado pelos autores.

As mudanças ocorridas no uso do solo foram processadas no software Sprng 5.5 a partir de algoritmo em linguagem de álgebra espacial LEGAL, especialmente elaborado para esta pesquisa. O resultado do processamento pode ser visto por meio do mapa temático mostrado na **figura 13**, enquanto que a quantificação das áreas está mostrada por meio da **tabela 4** e **figura 14**.

**Figura 13:** Mapa Temático das Mudanças Ambientais do PARNA de Ubajara entre 2001 e 2015 (em km²)

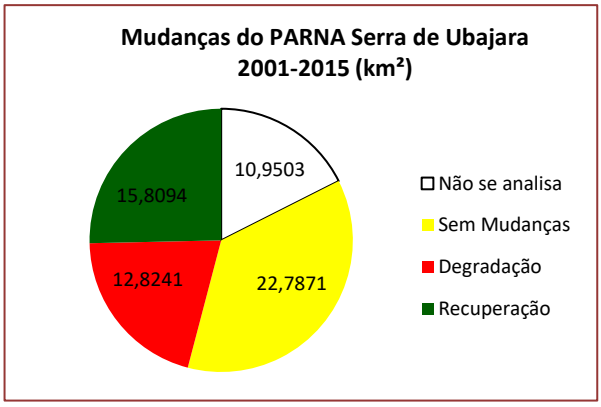



Fonte: elaborado pelos autores.

**Tabela 4:** Áreas em km² das classes temáticas referentes às mudanças entre 2001e 2015 do PARNA de Ubajara

| Classes Temáticas | Mudanças Ambientais na PARNA de Ubajara (km²) |
|---|---|
| Não se classifica | 10,9503 |
| Sem mudanças | 22,7871 |
| Degradação Ambiental | 12,8241 |
| Recuperação Ambiental | 15,8094 |

**Figura 14:** Gráfico de áreas modificadas no PARNA de Ubajara em 2001 (km²)

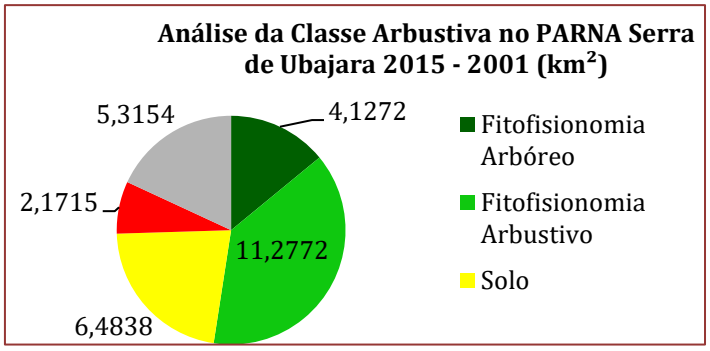


Após o mapeamento temático, procedeu-se à tabulação cruzada **(tabela 5 e figura 15)**, que visa a calcular o quanto cada classe temática conquistou de outra classe em datas distintas. Neste capítulo, mostramos a classe "Arbustiva", e é possível observar que essa classe conquistou 4,12 km² de fisionomia arbórea (o que seria degradante à conservação ambiental), mas também conquistou 2,17 km² de áreas antropizadas e 6,48 km² de solo exposto (áreas com recuperação ambiental), enquanto maior parte (11,27 km²) já eram áreas com predomínio de fisionomia arbustiva, ou seja, sem mudanças.

**Tabela 5:** Tabulação cruzada de áreas: linhas com as áreas em km² das classes temáticas em 2001 e colunas com as respectivas áreas originais em 2015 do PARNA de Ubajara

| Classes Temáticas | Arbórea | Arbustiva | Solo | Antro |
|---|---|---|---|---|
| Arbórea | 5,332 | 4,127 | 0,797 | 0,567 |
| Arbustiva | 4,417 | 11,277 | 4,808 | 1,360 |
| Solo | 0,629 | 6,484 | 5,717 | 1,120 |
| Área Antropizada | 1,195 | 2,171 | 0,846 | 0,425 |
| Nuvem/Sombra de Nuvem | 3,483 | 5,315 | 1,376 | 0,775 |

**Figura 15:** Análise da Classe arbustiva no PARNA de Ubajara




Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6. CONCLUSÃO

O PARNA de Ubajara é uma unidade de conservação que abriga um mosaico florestal de Florestas Atlântica Pluvial, Estacional e Caatinga – o que o torna singular no cenário da conservação ambiental no Brasil. O Parque possui extensa área de cobertura, além da área de amortecimento, e apresenta-se em excelente estado de conservação. Contudo, a expansão imobiliária desordenada, a agricultura de subsistência e a pecuária extensiva da bacia leiteira vêm se mostrando graves ameaças para os gestores da UC, especialmente para as ações de fiscalização e monitoramento.

Por ser a área do Parque extensa, nota-se uma escassez de informações científicas, especialmente nas áreas botânica, faunística, cartográfica e geoambiental, tanto na área interior da unidade como no seu entorno. Quanto a estrutura fitofisionômica, necessita-se de estudos mais aprofundados sobre a composição florística, para que se possa melhor entender quais seriam as bases da conservação ambiental e sua relação com o desenvolvimento sustentável da Região, em especial para as populações locais que vivem e dependem dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos oriundos destas áreas.

Esta proposta metodológica de mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação buscou contribuir com o debate sobre o uso das novas geotecnologias aplicadas à gestão de áreas de conservação ambiental e o seu monitoramento, indicando possíveis alternativas ao avanço de novas investigações, delineamento e conhecimento sobre a real situação da conservação da biodiversidade no território brasileiro.

## REFERÊNCIAS


[1] AGUIAR. R, B; VASCONCELOS. S, M, S. Estimativa de recarga subterrânea na porção oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba através do balanço hídrico. In.: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Bonito – MS. 2012.

[2] ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. Revista Brasileira de Botânica, v. 4, p. 149-153, 1981.

[3] ANDRADE-LIMA, D. Vegetação. In: R.C. Lins (ed.). Bacia do Parnaíba: aspectos fisiográficos. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1978, p. 131-135.

[4] BRASIL-RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais (anexo); folhas SA. 24 Fortaleza. Vol. 30. Rio de Janeiro, Brasil. 1981.

[5] CUNHA. B, B; ARAÚJO. R, C, P. Avaliação das Pressões e Ameaças Ambientais sobre o Parque Nacional de Ubajara-Ceará: Uma perspectiva da Efetividade de Gestão. In.: REDE - Revista Eletrônica do Prodema, v.8, n.1, Fortaleza, Brasil, ISSN: 1982-5528, p. 46-66, abr. 2014.

[6] FREIRE. R, C. Técnicas de aquisição de dados geológicos com a tecnologia Lidar. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e da Terra. UFRN, Natal – RN. 2006.

[7] JACOMINE. P, K, T. A nova classificação brasileira de solos. In.: Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

[8] JUSTO. A, P. Sistema Orbitais e Aéreos aplicados à análise multi-escala de Lineamentos na borda Sudeste da Bacia do Parnaíba. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, Natal – RN. 2006.

[9] LOEBMANN. D. Herpetofauna do Planalto de Ibiapaba, Ceará: composição, aspectos reprodutivos, distribuição espaço-temporal e conservação. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Unesp, Rio Claro. 2010.

[10] MEIRA, Suédio Alves et al. Serviços Ecossistêmicos da Geodiversidade: Avaliação e propostas de avaliação em locais de interesse geológico do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. Caderno de Geografia, Belo Horizonte , v. 30, n. 62, pág. 788-816, 2020.

[11] MEIRA, Suédio Alves; DA SILVA, Edson Vicente. Índice de geodiversidade do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. Revista de Geociências do Nordeste , p. 35-40, 2021.

[12] MENESES. L, F. Diversidade de Paroneleidae (Collembola, Arthropleona, Entomobryoidea) no Nordeste brasileiro, como ênfase em áreas úmidas da Caatinga. Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências, UFRN, Natal – RN. 2013.

[13] MORO, M. F., MACEDO, M. B., MOURA-FÉ, M. M., CASTRO, A. S. .F., COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. Rodriguésia 66(3): 717-743. 2015

[14] NASCIMENTO, Muryllo DOS SANTOS et al. O bird watching na Caatinga: o potencial ecoturístico do Parque Nacional de Ubajara (CE). Revista Brasileira de Ecoturismo (RBECOtur) , v. 15, n. 3 de 2022.

[15] NASCIMENTO. J, L, X. et al. Avaliação rápida das potencialidades ecológicas e econômicas do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, usando aves como indicadores. In.:Ornithologia, 1(1):33-42, Junho 2005.

[16] OLIVEIRA. H, C. Briófitas da Chapada de Ibiapaba, Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Biológicas. UFFS, Feira de Santana – BA. 2008.

[17] OLIVEIRA. H, C; ALVES. M, H. Adições à Brioflora do Estado do Ceará, Brasil. In.:Rodriguésia, 58 (1): 001-011. 2007.

[18] OLIVEIRA. H, C; BASTOS. C, J, P. Fissidentaceae (Bryophyta) da Chapada da Ibiapaba, Ceará, Brasil. In.: Revista Brasil. Bot., V.33, n.3, p.393-405, jul-set. 2010.

[19] OLIVEIRA. P, V. Mamíferos do Neopleistoceno – Holoceno do Parque Nacional de Ubajara, Ceará. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. UFRGS, Porto Alegre. 2010.

[20] OLIVEIRA. P, V; BASTOS. C, J, P. Jungermanniales (Marchantiophyta) da Chapada da Ibiapaba, Ceará, Brasil. In.: Acta bot. bras. 23(4): 1202-1209. 2009.

[21] PINHEIRO, Lucas Farias et al. Diversidade de lianas e trepadeiras do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. 2020.

[22] SANTOS. F, L, A; SOUZA. M, N. Caracterização Geoambiental do Planalto Cuestiforme da Ibiapaba – Ceará. In.: Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.301 – 309. 2012.

[23] SHIMABUKURO, Y. E.; PONZONI, F. J.; Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007. v. 1, 127 p. ISBN 978-85-60507-02-3.

[24] SILVA, M. P. P. & PÔRTO, K. C.Briófitas: estado do conhecimento e vulnerabilidade na Floresta Atlântica Nordestina. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.) 36:19-34. 2014.

[25] SOUSA, L. A.; MOURA, D. C.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. Perfil Etnofarmacológico do Mel de Uruçú (Meliponascutelarris, Latreille 1811) Comercializado nas Feiras Livres e Meliponários do Brejo Paraibano. Ci. &Tróp. Recife, v. Ci. &Tróp. Recife, v. 39, n. 2, p. 185-203, 201539, n. 2, p. 185-203, 2015.

[26] SOUZA, B. I.,ARTIGAS, R. C., LIMA, E. R. V. Caatinga e Desertificação. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

[27] VERÍSSIMO. C, U, V. et al. Espeleoturismo e Microclima da Gruta de Ubajara, CE. In.: Estudos Geólogicos, p. 242-251. 2005.

# Capítulo 7

## Comportamento da precipitação e umidade relativa do ar em Caruaru-PE, Brasil

*Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Marcelo Kozmhinsky*
*Vicente de Paulo Silva*
*Romildo Morant de Holanda*
*Alex Souza Moraes*

Resumo: A precipitação e a umidade relativa do são dois elementos que contribuem para a produção agrícola e o bem esta da população além de serem fatores que auxiliam na armazenagem de água potável. Objetiva-se estudar a variabilidade da precipitação e umidade relativa do ar visando suas contribuições para o armazenamento de água e o conforto térmico no município de Caruaru. Os aumentos dos índices pluviométricos podem ser justificados, porque os grandes centros urbanos, devido o desmatamento e a expansão do crescimento urbano desordenado, se tornam mais quentes e isso causa aumento de temperatura do ar, podendo causar tempestades mais severas e na época menos chuvosa, essas tempestades podem ocorrer com rajadas de vento fortes, chuvas isoladas e de alta magnitude e de curta duração, seguidos de descargas elétricas. Grande variabilidade da UR no período da tarde (15h00 h) entre os meses de setembro a fevereiro especialmente na transição outono-inverno e inverno-primavera. Quanto ao comércio local o turno da tarde é o que representa o horário critico para as realizações das vendas visto que as pessoas entram nas lojas a procuração de refrigerações.

Palavra chave: Flutuações hidroclimáticas, armazenamento água, agricultura.

## 1. INTRODUÇÃO

Em região de transição como o Nordeste do Brasil (NEB) o monitoramento da precipitação, principalmente, durante o período chuvoso é muito importante para tomada de decisões que tragam benefício para população. Nos dias atuais, um bom monitoramento da precipitação é ferramenta indispensável na mitigação de secas, enchentes, inundações, alagamentos em conformidade com Paula et al. (2010).

Medeiros et al. (2013) analisaram a variabilidade climática da umidade relativa e da temperatura máxima do ar na bacia hidrográfica do Rio Uruçuí Preto – PI, enfocando tais variações como meio para compreender futuras mudanças. Segundo os autores as temperaturas máximas anuais aumentaram durante o período analisado, acarretando vários problemas socioeconômicos, bem como, para a saúde humana e que a umidade relativa do ar está diminuindo ao longo dos anos, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura e consequentemente com maior evaporação das águas.

Melo et al. (2015) delimitaram a variabilidade da umidade relativa do ar (UR) para 11 municípios do estado de Pernambuco no período de 1961-1990. Com o desenvolvimento e a expansão urbana, grandes áreas estão sendo desmatada, não levando em consideração a contribuição de elementos meteorológicos entre eles em especial a UR, que podem minimizar à ocorrência de prejuízos de efeitos anômalos que por ventura aconteça. Observando a variabilidade da umidade relativa do ar para a área estudada, delimitaram o trimestre úmido e seus valores mensais e anuais, assim como os valores máximos e mínimos absolutos observados. Tais delimitações dos trimestres úmidos e as informações das épocas de menores umidades relativas do ar serviram de alerta as autoridades federais, estaduais e municipais além dos tomadores de decisões, para melhor planejamento.

Holanda et al. (2016), realizaram a análise climatológica da precipitação decadal e seus comparativos históricos para Recife - PE utilizaram-se da série histórica de 1915 a 2014 visando contribuir nas decisões de setores como a economia, agropecuária, irrigação, produção de energia, recursos hídricos, engenharia agrícola e agronômica, corpo de bombeiro, defesa civil e tomadores de decisões governamentais em caso de eventos extemos de precipitações que possam vir a ocorrerem futuramente. Em algumas décadas, registrando-se desastres de moderada a intensa proporção. As variabilidades interbairros da distribuição das chuvas e as atividades locais em conjunto com os fatores meteorológicos atuantes contribuíram ou deixaram de contribuir para produtividade agropecuária, armazenamento e abastecimento humano, animal. As influencias dos fenômenos El Niño(a), para as décadas em estudo na forma de fenômenos adversos tiveram suas contribuições isoladas.

O estudo da pluviometria local é geralmente de interesse da hidrologia e da meteorologia, mas as informações geradas a respeito possuem importância em muitas áreas da Engenharia tais como: Ambiental, Florestal, Agronomia, Agrícola, Recurso hídricos, entre tantas aplicações e usos. A precipitação pluvial é um dos elementos essenciais nas atividades agrícolas, a partir do volume de chuva precipitado e da sua distribuição pode-se determinar quais os tipos de atividades agrícolas de certa localidade segundo Arraes et al. (2009).

Arai et al. (2009) mostraram que a precipitação pluvial possui significativa importância na caracterização do clima de determinada região, intervindo diretamente nas alternâncias de rendimento das culturas. Longos períodos de estiagem, além de ocasionarem danos à agricultura regional, afetam também o nível de águas dos mananciais e reservatórios das usinas hidrelétricas, geraram danos aos abastecimentos urbano e à geração de energia elétrica de conformidade com Silva et al. (2011). Além disso, sofre a influência direta de fenômenos atmosféricos e oceânicos de grande escala que se processam sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais de acordo com Lucena et al. (2011).

Blain (2010) cita que a comunidade científica mundial vem se preocupando muito com o tema mudança climática. E de acordo com Costa, et al. (2015), uma das variáveis climáticas mais importantes é a precipitação, suas informações contém bastante importância, com relação às inúmeras atividades humanas, através destas informações de precipitação pode-se realizar planejamento adequado.

Objetiva-se estudar a variabilidade da precipitação e umidade relativa do ar visando suas contribuições para o armazenamento de água e o conforto termico no município de Caruaru.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquatinga do Norte,

a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas, e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caitano. A área municipal ocupa 928,1 km2 e representa 0,94% do Estado de Pernambuco, sendo que 16,6 km² estão em perímetro urbano e os 903,9 km² restantes formam a zona rural. A sede do município tem altitude de 554 metros e coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35°58'W de longitude, distando 140,7 km da capital.

O clima de Caruaru de acordo com a classificação de Köppen é do tipo semiárido (BSh), possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos em conformidade com Medeiros (2016) e Alvares et al (2013).

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os seus meses seco ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas no município são a contribuição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade a quais condensam e forma nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formações das linhas de instabilidades, orografia e suas contribuições locais e regional formando nuvens e provocando chuvas de moderada a forte segundo Medeiros (2016). Os dados pluviométricos foram adquiridos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Agencia Pernambucana de Água e Clima (APAC) compreendido entre os anos de 1913 a 2016. Utilizou-se de cálculos simplificados estatisticamente para definir, média, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos ocorridos, definiu-se a quadra chuvosa e seca, o trimestre seco e chuvoso além do mês seco e chuvoso.

As falhas de dados ocorridas entre a década de 90 pode ser explicada pela troca de responsabilidade na coleta dos registros pluviométricos da antiga SUDENE para a atual APAC, neste período de transição as estações passaram por manutenção e outras foram implantadas em algumas cidades dentre 1989 e 1992. Para tanto foram realizados preenchimentos de falhas, homogeneização e consistência nos referidos dados para pode-se trabalhar e fornecer informações confiáveis ao publico em geral.

A climatologia foi elaborada a partir das séries de dados de precipitação, desvio padrão da precipitação, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos. A temperatura (máxima, mínima, média e amplitude térmica), umidade relativa do ar, insolação total, nebulosidade, intensidade e direção predominante do vento adquiridos do INMET para o período de 1962-2000. Calculou-se o fotoperíodo por meio de formulas apropriadas, os elementos meteorológicos evapotranspiração, evaporação, deficiência e excedente hídrico foram estimados pelo método do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather, (1948; 1955).

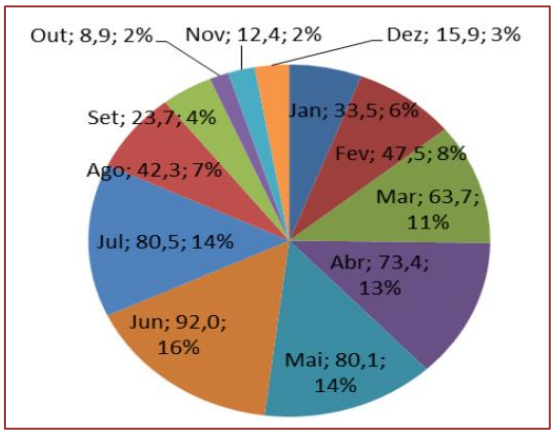
## 3. RESULTADOS E DISCURSÕES

O clima global vem sofrendo modificações ao longo dos anos, o que leva a se pensar nas ações do homem, quando altera o ambiente, e através de novas tecnologias busca atender às pressões dos padrões de consumo, cada vez mais exigentes. Em Caruaru, o resultado pode ser observado no comportamento do clima, mais precisamente no da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, por se manifestarem mais diretamente no cotidiano da população.

A irregularidade mensal nos índices pluviométricos é decorrente dos fatores meteorológicos inibidores e/ou ativadores dos sistemas provocadores de chuva na área em estudo com auxílios das contribuições local e regional.

O município de Caruaru registra climatologicamente índice pluviométrico de 573,4 mm ano$^{-1}$. Os meses de março a julho onde ocorrem as maiores incidências de precipitações contribuem com 68% do índice anual. Entre agosto a fevereiro meses onde os índices pluviais são baixos tem a contribuição de 32% do valor anual (figura 1).

**Figura 1**. Distribuição mensal da precipitação e seus percentuais para o município de Caruaru

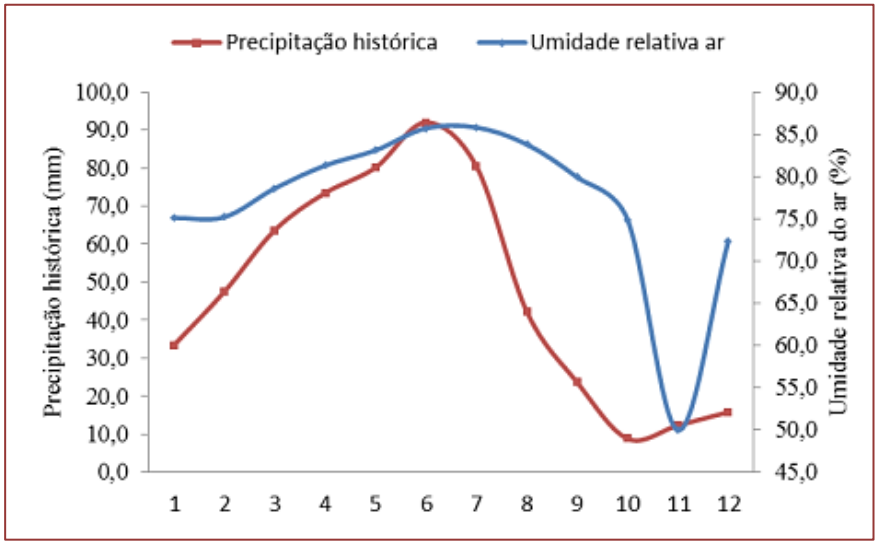



A variabilidade do comportamento da precipitação histórica e da umidade relativa do ar para o município de Caruaru – PE, referente ao período de 1962-2015 esta representada na figura 2.

A umidade relativa do ar oscila entre 50% no mês de novembro a 85,8% no mês de julho, com 77,2% de umidade anual. O trimestre de baixa umidade do ar compreende os meses de outubro a dezembro com oscilações entre 50 a 74,5%. Os meses de junho a agosto compreende o trimestre de alta umidade e suas flutuações ocorrem entre 83,8 a 85,8%. O mês de baixa umidade e novembro (50% e o de alta umidade é o mês de julho 85,8%).

Na figura 2 observa-se aumento gradativo da umidade entre janeiro a agosto seguidamente de redução até o mês de novembro que registra o menor índice de umidade.

**Figura 2.** Comportamento da precipitação histórica e da umidade relativa do ar para o município de Caruaru – PE




A variabilidade histórica da precipitação pode ser destacada na figura 5, nos meses de outubro, novembro e dezembro ocorrem baixos índices de precipitações, nos meses de maio, junho e julho tem-se o trimestre chuvoso, além de destacarmos acréscimos gradativos de precipitações nos meses de janeiro a maio.

## 4. CONCLUSÕES

As flutuações dos índices de chuvas podem estar sendo causadas por fatores de grande escala, como Zona de Convergência Intertropical e dos eventos climáticos extremos como movimentos convectivos, linhas de instabilidades que ocorreram nos períodos estudados; e por fatores de microescala, como os efeitos locais e o crescimento urbano desordenado, provocando aquecimento da superfície, e a formação de nuvens na área de estudo.

Os aumentos dos índices pluviométricos podem ser justificados, porque os grandes centros urbanos, devido o desmatamento e a expansão do crescimento urbano desordenado, se tornam mais quentes e isso causa aumento de temperatura do ar, podendo causar tempestades mais severas e na época menos chuvosa, essas tempestades podem ocorrer com rajadas de vento fortes, chuvas isoladas e de alta magnitude e de curta duração, seguidos de descargas elétricas.

Grande variabilidade da UR no período da tarde (15h00 h) entre os meses de setembro a fevereiro especialmente na transição outono-inverno e inverno-primavera.

Quanto ao comércio local o turno da tarde é o que representa o horário critico para as realizações das vendas visto que as pessoas entram nas lojas a procuração de refrigerações.

## REFERÊNCIAS

[1] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, DOI: http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.2013. ARAI, F.K.;

[2] PEREIRA, S.B.; GONÇALVES, G.; DANIEL, O.; PEIXOTO, P.; VITORINO, A.C.T. Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2-7 ago., Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, CD-ROM. 2009.

[3] BLAIN G.C. Precipitação pluvial e temperatura do ar no estado de São Paulo: periodicidades, probabilidades associadas, tendências e variações climáticas. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós. USP. 194 p. 2010.

[4] COSTA, M. N. M.; MEDEIROS, R. M.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade da evaporação no tanque classe "A" entre o período de 1976 a 2011 e suas comparações com as três décadas e meia e com o ano de 2011 no município de Teresina, Piauí. 7° Workshop de Mudanças Climáticas do Estado de Pernambuco e 4°Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade. Recife-PE, 27 a 29 de outubro de 2015. CD RON. p. 107-123. 2015.

[5] HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, V.P.R. Recife-PE, Brasil e suas flutuabilidades da precipitação decadal. Natureza, Sociobiodiversidade e Sustentabilidade, 26 a 29 de outubro, 2016. Universidade Nacional, Sede Chorotega Nicoya, Costa Rica. P.230-245. 2016.

[6] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. "Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes". Wall-map 150cmx200cm. 1928.

[7] LUCENA, D.B.; GOMES FILHO, M.F.; SERVAIN, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

[8] MEDEIROS, R.M.; SOUSA, F.A.S.; GOMES FILHO, M.F. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. Revista Educação Agrícola Superior Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS - v.28, n.1, p.44-50, 2013. ISSN - 0101-756X - DOI: http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a07.

[9] MELO,V.S.; MEDEIROS, R.M.; SOUZA, F.A.S. Variação média mensal e anual da umidade relativa do ar para 11 municípios no estado de Pernambuco, Brasil. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC' 2015. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. 15 a 18 de setembro de 2015. 2015.

[10] MEDEIROS, R.M. Estudos dos fatores provocadores de chuvas no estado de Pernmbuco - Brasil. 2016. PAULA, R.K.; BRITO, J.I.B.; BRAGA, C.C. Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais... Belém do Pará, PA. 2010, CD Rom.

[11] SILVA, V.P.R. On climate variabilityin Northeast of Brazil. Journal of Arid Environments n.58, p.575-596, 2004

# Capítulo 8

## *Diagnóstico da qualidade da água subterrânea do poço artesiano do Hospital Universitário de Lagarto-SE*

*Humberto D'Oliveira Santos Neto*
*Bruno Gustavo Oliveira Chagas*
*Paulo Sérgio de Rezende Nascimento*

Resumo: O Hospital Universitário Monsenhor João Batista de Carvalho Daltro do município de Lagarto (SE) necessita reativar o seu sistema de captação de água subterrânea, pois o fornecimento de água é interrompido semanalmente. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi diagnosticar a qualidade da água do poço artesiano do Hospital Universitário de Lagarto. Nesta primeira etapa do trabalho, foram analisados vinte dados físico-químicos, cujas amostras de água foram coletadas nos últimos três meses de 2019. O nitrato foi único parâmetro que apresentou valor acima do estabelecido pela legislação vigente (10 mg/L), nos meses de outubro (15,8 mg/L) e novembro (16,2 mg/L), e em dezembro com valor abaixo (5,941 mg/L). A provável fonte da presença do nitrato é um cemitério desativado localizado no entorno do hospital que funcionou sem licenciamento ambiental. Dessa forma, a água se encontra imprópria para o consumo humano e não pode ser utilizada na unidade hospitalar sem um tratamento prévio adequado. Recomenda-se que seja adotado o processo de desnitrificação para a remoção do nitrato, pois este contaminante gera vários riscos à saúde humana, como por exemplo, metahemoglobinemia nas lactantes e nos recém-nascidos.

Palavras-Chave – Nitrato; metahemoglobinemia; desnitrificação.

## 1. INTRODUÇÃO

A garantia de consumo humano de água segundo padrões de potabilidade adequados é questão relevante para a saúde pública. As águas subterrâneas geralmente são menos contaminadas por fatores biológicos e químicos do que os mananciais superficiais, pois não ficam expostas aos diversos agentes poluentes. Desse modo, a água subterrânea tem se tornado uma fonte alternativa de abastecimento de água para o consumo humano, pois os custos de tratamento de águas superficiais são mais elevados. Segundo Villar (2016) e Rebouças (2006), uso dos aquíferos se intensificou a partir da década de 1970 e segue crescendo por diversos fatores, dentre eles, a qualidade das águas subterrâneas e a degradação das águas superficiais.

De acordo com Foster e Hirata (1993), a água para consumo humano captada em aquífero confinado ou artesiano, que se encontra entre duas camadas impermeáveis, dificulta a sua contaminação, entretanto, em aquífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, a água subterrânea está mais vulnerável à contaminação. Em função do baixo custo e facilidade de perfuração, a captação de água do aquífero livre, embora mais vulnerável à contaminação, é mais frequentemente utilizada no Brasil, de acordo com Rebouças (2006). Conforme Charriere et al. (1996) e Kramer et al. (1996), a proteção de contaminações por atividades antrópicas nos aquíferos é o melhor método de assegurar água adequada para o consumo e a saúde pública.

De acordo, com Bomfim et al. (2002), no município de Laranjeiras há dois domínios hidrogeológicos granulares: Bacias Sedimentares e Formações Superficiais Cenozoicas. O primeiro é constituído por rochas sedimentares diversificadas, e representam os mais importantes reservatórios granulares de água subterrânea, e o segundo é representado pelos arenitos do Grupo Barreiras. Esses pacotes sedimentares recobrem as rochas mais antigas da Faixa de Dobramentos Sergipana e do Embasamento Gnáissico, tornando-os aquíferos livres e semiconfinados. Em grande parte dos casos, os poços tubulares perfurados neste domínio, vão captar água do aquífero subjacente.

Em decorrência das interrupções recorrentes de fornecimento de água pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), os responsáveis pelo Hospital Universitário Monsenhor João Batista de Carvalho Daltro do município de Lagarto no estado de Sergipe solicitaram à Empresa HC Construções e Projetos o diagnóstico sobre a qualidade da água subterrânea de um antigo poço artesiano desativado.

Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram diagnosticar a qualidade da água do poço supracitado hospital para posteriormente ativação do sistema de captação de água dos aquíferos propor ações corretivas, como uma alternativa para diminuição de custos relacionados a companhia fornecedora e eliminação da falta de água que ocorre semanalmente no estabelecimento.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O atual modelo de urbanização vem causando problemas preocupantes com impactos para a saúde pública e o meio ambiente, instigando a comunidade técnica e cientifica a entendê-los e minimizá-los. Em decorrência do crescimento urbano de forma desordenada, a principal fonte utilizada para captação de água em grandes centros urbanos se encontra com a qualidade deteriorada. Dessa forma, o uso da água proveniente de aquíferos é uma alternativa viável para regiões que possuem corpos hídricos com baixa qualidade e, consequentemente, com um alto custo de tratamento.

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas que as armazenam. A qualidade da água subterrânea, portanto, é decorrente de processos físicos, químicos e biológicos que determinam uma grande variedade de substâncias presentes na água, decorrentes principalmente dos tipos litológicos. A atividade antropogênica, que origina principalmente cargas poluidoras pontuais domésticas e industriais e cargas difusas de origem urbana e rural, também pode influenciar na qualidade das águas subterrâneas (CETESB, 2016).

Para diagnosticar a qualidade da água subterrânea é necessário que se tenha dados sobre os parâmetros químicos e físicos que estão presentes no corpo hídrico. Os parâmetros físicos são: Cor aparente, Turbidez e Sólidos Totais Dissolvidos. Já os químicos são: pH, Cloretos, Nitrogênio-Nitrito, Nitrogênio-Nitrato, Nitrogênio-amoniacal, Sulfatos, Cromo Total, Cobre Total, Ferro Total, Manganês Total, Alumínio Total, Níquel Total, Zinco Total, Dureza Total e Cloro Residual Livre.

## 2.1. PARÂMETROS FÍSICOS

### 2.1.1. COR APARENTE

Di Bernardo e Paz (2018) definem cor aparente como aquela que sofre interferência de partículas suspensas na água. Esse parâmetro é decorrente da presença de substâncias húmicas, que podem ser provenientes do solo ou da decomposição da vegetação submersa. A remoção de cor era vista antigamente como uma medida estética para a água, entretanto, recentemente foi descoberto que a cor é percursora de trialometanos e de outros compostos orgânicos halogenados.

A determinação da intensidade da cor da água é feita comparando-se a amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado fornecido em unidades de cor, também chamadas uH (unidade Hazen). As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades. Valores inferiores a 10 unidades são praticamente imperceptíveis (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### 2.1.2. TURBIDEZ

Segundo Di Bernardo e Paz (2018) a turbidez é a interferência da concentração das partículas suspensas na água, medida por meio do efeito da dispersão da luz que elas causam. A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erodíveis, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo.

No Brasil, a maioria dos corpos hídricos naturalmente apresentam alta turbidez, isso ocorre devido a nossa formação geológica. As características das bacias hidrográficas influenciam na turbidez do rio, sendo influenciado pelo sistema de drenagem e o uso e ocupação do solo. Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez pode ser bastante baixa. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais.

### 2.1.3. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

O Ministério da Saúde (2006) define sólidos totais dissolvidos como partículas de diâmetro inferior a 10-3 µm e que permanecem em solução mesmo após a filtração. São geralmente formados por: magnésio, cálcio, potássio, sódio, carbonato, cloreto, sulfato e nitrato, os quais surgem de forma natural, pela lixiviação de áreas agrícolas ou lançamento de efluentes.

## 2.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

### 2.2.1. pH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução e corresponde ao logaritmo do inverso da concentração de íons H+ na solução. É fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção e abrandamento das águas, no controle da corrosão e no tratamento dos esgotos e despejos industriais. A desinfecção das águas se processa melhor em pH ácido do que em pH alcalino. Geralmente em águas alcalinas o consumo de cloro é maior (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014). O valor comumente encontrado em corpos hídricos naturais varia o pH entre 5,5 a 9,5. As águas com baixos valores de pH tendem a ser agressivas/corrosivas a certos metais e paredes de concreto nos sistemas de tratamento de água. Para o pH elevado, o sistema passa a apresentar incrustações (DI BERNARDO; PAZ, 2008). Nota-se que o parâmetro tem sua devida importância para que o projeto seja construído de acordo com a característica do pH referente ao corpo hídrico utilizado, já que o material utilizado na construção da estação de tratamento de água pode ser danificado de acordo com o valor do pH da água.

### 2.2.2. CLORETOS



O Cloreto se encontra em diversas formas, as principais encontradas são: Cloreto de sódio (NaCl), Cloreto de potássio (KCl) e Cloreto de cálcio (CaCl2). A OMS (2017) afirma que a toxidade do respectivo parâmetro, em relação ao consumo de água, ainda não foi observada em nossos organismos, exceto em pessoas que já nasceram com problema de metabolizar o parâmetro. A presença desse parâmetro no corpo hídrico pode acontecer de forma natural, devido a geologia da região, ou de forma antrópica, através

da poluição difusa proveniente da lixiviação que ocorre na bacia do respectivo corpo hídrico ou pelo lançamento de efluente.

### 2.2.3. COMPOSTOS NITROGENADOS (NITROGÊNIO AMONIACAL, NITRITO E NITRATO)

Os compostos nitrogenados são tidos como os parâmetros que indicam que há/houve contaminação do corpo hídrico por matéria orgânica, seja ela proveniente da poluição difusa (fertilizantes) ou através do lançamento de efluente domésticos nos corpos hídricos.

Quando o Nitrogênio Amoniacal se encontra em maior quantidade, em relação aos compostos nitrogenados, indica que há uma contaminação recente. Com o tempo, o amoniacal passa pelo processo de oxidação que o transforma em nitrito e nitrato (DI BERNARDO; PAZ, 2008). Através dessa transformação, é correto relacionar a presença de nitrato e ausente de amoniacal em corpos hídricos como o cessamento da fonte poluidora e que a carga orgânica já se encontra no último estágio de decomposição, confirmando a auto depuração que ocorre nos rios, lagos e mares.

### 2.2.4. SULFATOS

O Sulfato é um composto químico pouco tóxico, encontrado naturalmente em corpos hídricos (superficiais e subterrâneos) a depender da geologia da bacia hidrográfica em que se encontra. Contudo, segundo a OMS (2017) o parâmetro pode ser encontrado devido ao lançamento de efluentes, principalmente de indústrias químicas ou da contribuição atmosférica gerada pela queima de combustíveis fosseis.

A presença de altas concentrações de sulfatos na água tratada por conta da adição de sulfato de alumínio como agente de sedimentação torna mais frequente problemas relacionados a corrosão (MCGUIRE et al., 1984). Segundo Di Bernardo e Paz (2018) em concentrações elevadas na água, acima de 600mg/L, pode causar desidratação, irritação gastrintestinal e efeitos laxativos.

### 2.2.5. CROMO TOTAL

Normalmente, a presença de cromo em águas subterrâneas está associada à contaminação de origem antrópica, ligada a atividades como indústrias de metal e de tratamento de madeira, curtumes, mineração e processos de beneficiamento do metal, indústrias de manufaturas de pigmentos, de filmes fotográficos e de inibidores de corrosão (BERTOLO; MARCOLAN; BOUROTTE, 2009). O Cromo possui um efeito prejudicial sobre os processos biológicos, já que atua sobre as enzimas catalisadoras da síntese de proteínas, responsáveis do metabolismo (NAIME; FAGUNDES, 2005). Concentração de poucos miligramas por litro do cromo afeta os microrganismos só, devido ao fato dos mesmos serem sensíveis a concentrações acima do limite dado pela portaria do Ministério da Saúde n°05/2017 que estabelece os padrões de potabilidade.

### 2.2.6. COBRE TOTAL

Altas concentrações de cobre podem interferir com a usos domésticos pretendidos da água, como por exemplo, podem aparecer manchas em louças e roupas em concentrações de cobre acima de 1 mg/L. Em níveis acima de 5 mg/L, o cobre também confere uma cor e um sabor amargo indesejável à água. Embora possa dar origem ao sabor desagradável, deve ser aceitável com o valor de orientação com base na saúde de 2 mg/L (OMS, 2017). Em relação ao consumo humano, o cobre passa a apresentar efeitos tóxicos em concentrações que superem 30 mg/L, os sintomas são: náusea, irritação localizada, diarreia, vômito e até cirrose em bebês recém nascidos (DI BERNARDO; PAZ, 2008). O parâmetro é encontrado em altas concentrações em regiões onde há exploração de minério em grande quantidade.



### 2.2.7. FERRO TOTAL

O elevado teor de ferro é um dos principais os agentes causadores das obstruções de tubulações e emissores dos sistemas de irrigação. Este elemento ao entrar em contato com o oxigênio atmosférico ou incorporado à água, oxida-se passando para as formas Fe+++ que, sendo insolúvel em água, precipita-se facilmente no interior das tubulações ou dos emissores, impedindo ou dificultando a passagem normal da

água (ALVES; FEITOSA; ARAÚJO, 2005). Não é comum casos em que o ferro prejudique a saúde de algum individuo, apenas em casos em que a pessoa é mais susceptível (geneticamente), podendo acumular no corpo altas concentrações de ferro, causando problema no pâncreas e fígado (AWWA, 2002).

### 2.2.8. MANGANÊS TOTAL

De acordo com Di Bernardo (2000), o manganês surge naturalmente na água pela dissolução de minerais como: rodoscrosita, sulfito manganita, pirolusita e hausmanita. Dessa forma, é possível afirmar que é comum encontrar água subterrânea que possui alta concentração de manganês em sua composição. A presença do manganês não é comum que acarrete problemas ao ser humano, contudo, em altas concentrações pode gerar graves efeitos a saúde humana, como o envenenamento de 16 pessoas que ingeriram água com a concentração de 28 mg/L no Japão (DI BERNARDO; PAZ, 2008). Um corpo hídrico que possui alto teor de manganês possui características de fácil identificação, são águas que possuem uma cor mais escura e um odor específico. Os danos econômicos que a presença do parâmetro em alto teor trás são: escurecimento de pinturas, incrustação de tubulações e danos a equipamentos que necessitam de água mais pura, como o Auto Clave.

### 2.2.9. ALUMÍNIO TOTAL

O alumínio ocorre naturalmente no solo, na água e no ar, sendo o seu transporte condicionado por diversos fatores, como o fluxo hidrológico, as interações solo-água ou as características geológicas. A ingestão por muito tempo de alumínio em altas concentrações pode levar a sérios problemas de saúde como: demência, danos ao sistema nervoso central, perda de memória, surdez, fortes tremores, dores musculares, cólicas, fraqueza ou inapetência (CLETO, 2008).

O parâmetro se encontra também no corpo hídrico devido ocorrência de ações antrópicas, como lançamento de efluentes de atividades industriais. Normalmente se encontra em baixas concentrações, apenas quando o valor atinge algo superior a 0,2 mg/L podem gerar gosto desagradável. Técnicas de troca iônica e tratamento por membranas podem ser eficientes na remoção do parâmetro supracitado (DI BERNARDO; PAZ, 2008).

### 2.2.10. NÍQUEL TOTAL

Nas águas destinadas ao abastecimento do humano, a ocorrência de níquel está associada à sua distribuição no sistema de abastecimento de água e nas redes prediais. Já nas águas subterrâneas, a presença do níquel deve-se à dissolução do metal das rochas (APDA, 2012).

### 2.2.11. ZINCO TOTAL

Encontrado em corpos hídricos superficiais, a sai concentração normal é inferior a 0,05 mg/L, já em águas subterrâneas pode ser encontrado em concentrações mais elevadas (DI BERNARDO; PAZ, 2008). Em valores superiores a 3 mg/L, com o aumento da temperatura, pode-se formar uma camada gordurosa e opaca nos objetos (OMS, 2017). De acordo com Di Bernardo e Patri Paz (2008), quando o zinco se encontra na água com uma concentração superior a 4 mg/L nota-se um odor desconfortável.

### 2.2.12. DUREZA TOTAL

A soma dos cátions polivalentes presentes na água é a definição de dureza, sendo expressa em termos de quantidade equivalente de CaCO3. Os principais ions metálicos que conferem dureza a água são: cálcio (Ca++), magnésio (Mg++), estrôncio (Sr++), ferro (Fe++) e manganês (Mn++). Embora não existam níveis definidos para água branda e dura, considera-se que a água é branda qnd a concetração é menor que 30 mg/L e é dura acima de 150 mg/L (AWWA, 2002).



### 2.2.13. CLORO RESIDUAL LIVRE

A presença de cloro residual livre dentro de valores legalmente recomendados, na água tratada e na rede de distribuição dessa água, é um requisito essencial para assegurar a qualidade microbiológica de água

dentro dos valores legais (PIRES, 2016). Os corpos hídricos não possuem presença significante de cloro residual livre, devido ao fato de o parâmetro ser gerado através da fase desinfecção de um sistema de tratamento de água.

## 3. MATERIAL E MÉTODO

A primeira etapa foi a coleta cuidadosa de amostras para evitar possíveis fontes de contaminação e perdas, e de forma que a amostragem representasse a rede de distribuição de água tratada. Dessa forma, visando promover a confiança da integridade das amostras, todos os procedimentos de coleta seguiram as normas estabelecidas pela CETESB (2011) em seu novo Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, baseado em metodologias padronizadas e de referência nacional e internacional. Este guia tem sido extensivamente utilizado, não só no Estado de São Paulo, mas em todo o país, sendo uma referência em nível nacional.

Para a coleta da amostra destinada a análise físico-química foi utilizado um recipiente plástico (polímero inerte), indicado para a maioria dos compostos inorgânicos, apresenta vantagem em relação ao recipiente de vidro por ser mais leve e resistente a quedas. Vale ressaltar que foram amostrados um volume de 1,5 L para as análises, segundo Custódio e Llamas (1983) e Feitosa e Manoel Filho (1997): (i) das propriedades físicas cor aparente, turbidez, dureza e pH; dos constituintes iônicos (ii) constituintes iônicos sódio, ferro, manganês e alumínio; (iii) constituintes aniônicos cloreto, fluoreto, sulfato, amônia, nitrito e nitrato; (iv) constituintes secundários zinco, níquel, cobre e alumínio. Coletadas as amostras, elas foram armazenadas adequadamente, ou seja, acondicionadas em caixas térmicas com material refrigerante (gelos recicláveis atóxicos) em frascos de polietileno de alta densidade com gel no seu interior. Os parâmetros analisados e os métodos de análise para avaliar a situação atual da qualidade da água do poço podem ser vistos na Tabela 1.

Definiu-se uma estação de amostragem concordada com a unidade hospitalar para o diagnóstico, e foram coletadas três amostras para a análise físico-química, realizadas durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2019. O ponto de coleta está localizado no Reservatório Inferior I, que é utilizado em caso de emergência quando há intermitência do abastecimento de água. A análise foi realizada pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) e o recurso financeiro para as análises foi cedido pela HC Construções e Projetos. Posteriormente, os resultados foram comparados com a Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde.

**Tabela 1 –** Parâmetros e métodos empregados na análise físico-química

| Parâmetros | Métodos | Parâmetros | Métodos |
|---|---|---|---|
| Cloreto | SMEWW, 2017, 4500-CL B | Fluoreto Total | SMEWW, 2017, 4500-F D |
| pH | SMEWW, 2017, 4500 $H^+$ B | Sódio | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Nitrogênio-Nitrito | SMEWW, 2017, 4500-$NO_3$ C | Cromo Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Nitrogênio-Nitrato | SMEWW, 2017, 4500-$NO_3$ B | Cobre Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Nitrogênio-Amoniacal | SMEWW, 2017, 4500-$NH_3$ F | Ferro Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Cor Aparente | SMEWW, 2017, 2120 C | Manganês Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Turbidez | SMEWW, 2017, 2130 B | Alumínio Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Sólidos Totais Dissolvidos | SMEWW, 2017, 2510 A | Níquel Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Dureza Total | SMEWW, 2017, 2340 C | Zinco Total | SMEWW, 2017, 3111 (AAS) |
| Sulfato | SMEWW, 2017, 4500-SO4 E | Cloro Residual Livre | SMEWW, 2017, 4500-CL G |

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises da água do poço artesiano do Hospital Universitário de Lagarto e o Valor Máximo Permitido (VMP) definido pela CETESB (2011) podem ser verificados na Tabela 2. De acordo com Custódio e Llamas (1983) e Feitosa e Manoel Filho (1997): o pH varia geralmente entre 5,5 e 8,5; as águas com dureza total entre 100 e 200 mg/L de CaCO3 são consideradas duras, mas a saturação crítica acima de 200 mg/L; as águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez; e a cor não pode apresentar considerável intensidade para ser notável; o sódio geralmente varia entre 0,1 e 100 mbog/L; o ferro, manganês, alumínio, cromo, cobre, níquel podem variar entre 0,1 e 0,2 mg/L; o fluoreto pode variar entre 0,1 e 1,5 mg/L; e o sulfato e cloreto, 100 mg/L e 250 mg/L, respectivamente. De acordo com os autores supracitados, as águas subterrâneas apresentam geralmente teores de nitrito no intervalo de 0,1 a 10 mg/L, porém em águas poluídas, os teores podem chegar a 1.000 mg/L. Dessa forma, todos esses parâmetros encontraram em conformidade para o consumo humano.

Nesse contexto, com exceção do nitrato, os demais parâmetros químicos apresentaram-se em conformidade com a legislação vigente (Portaria de Consolidação n°05/2017) do Ministério da Saúde (2017), que consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. O nitrogênio na forma molecular e como amônia são formas reduzidas, enquanto o nitrito e nitrato são formas oxidadas, segundo CETESB (2017). Em um corpo d'agua, de acordo com Sperling (2017), a determinação da forma predominante do nitrogênio fornece informações sobre o estágio da poluição, ou seja, quando está associada à forma orgânica ou amônia indica uma contaminação recente, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato. Posto isso, o nitrato acima do valor máximo permitido indica contaminação antiga, pois a decomposição aeróbia conduz à conversão de nitrogênio em nitrito e depois em nitrato, logo o alto teor de nitrato indica que a poluição aconteceu há mais tempo. A nitrificação é a transformação de íon amônio em nitritos (nitrosação) e este em nitratros (nitração). A desnitrificação, por outro lado, é a devolução do nitrogênio para a atmosfera e consequentemente diminuendo a concentração de nitrato.

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas realizadas no Reservatório Inferior I nas datas 08/10/2019, 06/11/2019 e 04/12/2019 e o Valor Máximo Permitido (VMP – CETESB, 2011)

| Parâmetros | 08/10/2019 | 06/11/2019 | 04/12/2019 | VMP |
|---|---|---|---|---|
| pH | 7,22 | 7,14 | 7,60 | 6,0 a 9,5 |
| Cloretos (mg/L) | 78,64 | 84,39 | 78,39 | 250 |
| Nitrogênio – Nitrato (mg/L) | 15,5 | 16,2 | 5,941 | 10 |
| Nitrogênio – Nitrito (mg/L) | 0,008 | 0,0024 | < 0,01 | 1 |
| Nitrogênio – Amoniacal (mg/L) | < 0,012 | < 0,037 | < 0,037 | 1,5 |
| Turbidez (uT) | 0,16 | 0,19 | 0,72 | 5 |
| Cor Aparente (uH) | 1,5 | <0,20 | 1,40 | 15 |
| Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L) | 332,2 | 334,2 | 292,3 | 1000 |
| Dureza Total (mg/L) | 188,8 | 174,2 | 155,8 | 500 |
| Sulfatos (mg/L) | 12,05 | < 0,01 | 6,270 | 250 |
| Fluoreto Total (mg/L) | 0,2 | 0,07 | 0,162 | 1,5 |
| Sódio (mg/L) | 47,47 | 51,21 | 51,28 | 200 |
| Cromo Total (mg/L) | < 0,028 | < 0,018 | < 0,018 | 0,05 |
| Cobre Total (mg/L) | < 0,002 | < 0,023 | < 0,02 | 2 |
| Ferro Total (mg/L) | < 0,016 | < 0,031 | < 0,031 | 0,3 |
| Manganês Total (mg/L) | < 0,019 | < 0,045 | < 0,045 | 0,1 |
| Alumínio Total (mg/L) | < 0,1 | < 0,057 | < 0,057 | 0,2 |
| Níquel Total (mg/L) | < 0,07 | < 0,017 | < 0,017 | 0,07 |
| Zinco Total (mg/L) | < 0,01 | < 0,0088 | < 0,0088 | 5 |
| Cloro Residual Livre (mg/L) | 1,11 | 0,97 | 7,60 | 0,2 a 5 |

Nos meses de outubro e novembro de 2019, o parâmetro nitrato apresentou-se valores 15,5 mL e 16,2 mL, respectivamente, superiores ao 10 mL do VMP. Na análise do mês seguinte (dezembro), o valor foi de 5,941. No mês de dezembro, o nitrato apresentou uma redução em relação aos meses anteriores, a concentração obtida no respectivo mês foi de 5,941 mg/L, ou seja, 172, 7% a menos que o mês anterior (16,2 mg/L). Esse resultado indica que a contaminação que ocorreu no aquífero utilizado para captação da água do poço cessou e está em processo de decomposição.

Com a análise de campo verificou-se uma possível fonte de contaminação do aquífero utilizado para a captação da água, no entorno da unidade hospitalar há um cemitério que funcionava sem o devido licenciamento ambiental, atualmente o cemitério se encontra desativado. Dessa forma, como os resultados obtidos para nitrogênio amoniacal e nitrogênio nitrato foram baixos, é correto afirmar que a fonte de contaminação cessou, contendo apenas o último estágio de decomposição do nitrogênio amoniacal (nitrato).

Outras possíveis explicações é que o turbilhonamento ou até mesmo a mistura da água da DESO, fato recorrente da água durante a sucção tenha causado a redução do nitrato, ou seja, a desnitrificação. Ressalta-se que embora a quantidade de nitrato não tenha ultrapassado o valor máximo permitido no último mês analisado, não é indicado que seja feito o uso do poço de maneira exclusiva para a distribuição de água no hospital. Dessa forma, apesar do diagnóstico, deve ser realizado o monitoramento contínuo com avaliação das condições de coleta.

Destaca-se que o íon nitrato na água potável acaba por se tornar um perigo potencial à saúde, uma vez que, pode resultar em metahemoglobinemia em recém-nascidos, bem como em adultos com uma particular deficiência de enzimas. O processo patológico é desenvolvido em frascos de alimentos não esterilizados ou no estômago de bebês. As bactérias reduzem parte do íon nitrato em íon nitrito que combina e oxida os íons de ferro na hemoglobina no sangue de $Fe^{2+}$ a $Fe^{3+}$, evitando a absorção e a transferência de oxigênio para as células de acordo com Menezes et. al. (2017).

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos pelas análises dos parâmetros físico-químicos do poço artesiano do Hospital Universitário de Laranjeiras, foi possível concluir que com exceção do nitrato, todos os demais parâmetros estão em conformidade com o que é estabelecido a Portaria de Consolidação no 05/2017 do Ministério da Saúde. Dessa forma, o diagnóstico é que a água se encontra impropria para consumo humano devido à presença de nitrato acima dos valores permitidos pela legislação, indicando que a água não pode ser consumida sem um tratamento prévio. Recomenda-se que seja adotado o tratamento de desnitrificação para remoção do nitrato, e desse modo, o hospital passaria a ter independência hídrica em relação a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), que interrompe o fornecimento semanalmente.

## REFERÊNCIAS

[1] ALVES, P. P.; FEITOSA, J. C. F; ARAÚJO, M. S. M. S. Aeração artificial no tratamento de ferro e de manganês dissolvido em água de irrigação. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 5, n. 1, p. 5. 2005.

[2] AWWA - American Water Word Association. Calidad y Tratamiento del Agua. Manual de Suministros Comunitaria. 5° ed. Mc Graw Hill. 1231 p. (2002).

[3] BERTOLO, R. A.; MARCOLAN, L. N. O.; BOUROTTE, C. L. M. Relações água-rocha e a hidrogeoquímica do cromo na água subterrânea de poços de monitoramento multiníveis de Urânia, SP, Brasil. Geologia USP - Serie Cientifica, v. 9, n. 2, p. 47–62, 2009.

[4] BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G.; BENVENUTI, S.M.P. Diagnóstico do município de Laranjeiras. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. CPRM Aracaju, 25p. 2002.

[5] BOWER, H. Growndwater hidroly. McGraw-Hill Company – New York -NY, 480p. 1978.

[6] BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Fundação Nacional de Saúde- FUNASA, v. 1 ed., p. 112, 2014.

[7] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde.Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasilia: Ministério da Saúde. 1° ed. 212 p. 2006.

[8] CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. CESTEB/ANA Brasília – DF, 326 p. 2011.

[9] CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas doces no estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo. CETESB/ANA Brasília - DF, 287p. 2017.

[10] CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas doces no estado de São Paulo. Relatório Qualidade das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo 2013-2015. CESTEB/ANA Brasília – DF, p. 308. 2016.

[11] CHARRIERE, G. et al. Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of Enterococcus spp. for the official monitoring of drinking water supplies. Journal of Applied Bacteriology, v. 76, n. 4, p. 336-344, 1994.

[12] CLETO, C. I. T. P. O alumínio na água de consumo humano.Tese de Doutorado, Departamento de Quimica, Universidade da Beira Interior (UBI), Covilha, Portugal, 2008.

[13] CUSTODIO, E.; LLAMAR, MR. Hidrología subterránea. Omega, v. 2. 1983.

[14] DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDIBE, 2008.

[15] FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza, CPRM, LABHID-Universidade Federal de Pernambuco, 1997

[16] FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.

[17] KRAMER, M.H.; HERWALDT, B.L.; CRAUN, G.F.; CALDERON, R.L.; JURANEK, D.D. Waterborne disease: 1993 and 1994. Journal of American Water Work Association, 88, pp. 66-80. (1996).

[18] MCGUIRE, Michael J. et al. Controlling Attached Blue-Green Algae With Copper Sulfate. Journal-American Water Works Association, v. 76, n. 5, p. 60-65, 1984.

[19] MENESES, H.Q.; CONCEIÇÃO, C.L.; SANTOS, P.S.; ARANHA, P.L.S.; COIMBRA, P.S.S.. Comparação da qualidade da água subterrânea e da concessionária de abastecimento, no Bairro da Sacramenta, Região Metropolitana de Belém-PA. Congresso ABES/FENASAN, Belém, 2017. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/08/IV-147.pdf>. Acesso em: 29/10/2019.

[20] NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão Portão, RS. Pesquisas em Geociências, v. 32, n. 1, p. 27-35, 2005.

[21] PIRES, E. M. S. D.; ROSÁRIO, C. Comparação dos métodos de análise utilizados para a determinação de cloro residual livre na água destinada ao consumo humano, pelos analisadores online, fotómetros portáteis e espetrofotómetro UV-VIS. Dissertação de Mestrado. 2016.

[22] REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Escrituras São Paulo – SP, 748 p. 2006.

[23] SPERLING, M. S. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte – MG, 374 p. 2017.

[24] VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito água em um contexto de crise Ambiente & Sociedade, 16(1), pp. 85-102. 2016.

[25] WHO - World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. 6 ed. Geneva: WHO, 453 p. 2017.

# Capítulo 9

## *Balneabilidade em reservatório no Semiárido: Percepção ambiental e qualidade da água*

*Dayana Melo Torres*
*Sátiva Barbosa de Brito Lélis Villar*
*Shirlany Pontes da Silva*
*Ana Andrêza Paixão*

Resumo –Avaliou-se o uso do reservatório Campo Grande, localizado no município de São Paulo do Potengi e pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, com vistas à recreação de contato primário e analisou-se a qualidade das suas águas em função desse uso. Foi constatada que a maioria dos entrevistados percebe a água como péssima, reconhece a disposição de esgotos como principal causa da má qualidade da água e relata já ter utilizado o reservatório para recreação de contato primário. As campanhas de análise de água indicam densidades elevadas de coliformes termotolerantes e condutividade elétrica. A água foi considerada imprópria para recreação de contato primário em pelo menos uma campanha em 3 dos 5 pontos estudados. O monitoramento frequente da balneabilidade do reservatório e a adoção de medidas estruturais e estruturantes nos sistemas de esgotamento sanitário dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi devem ser priorizados de modo a orientar a gestão dos Recursos Hídricos.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; percepção ambiental; recreação.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível para o desenvolvimento de atividades recreativas e a deterioração de sua qualidade compromete e limita as possibilidades desse uso. Dentre as principais causas de contaminação e degradação dos ecossistemas aquáticos superficiais e subterrâneos, destaca-se a baixa infraestrutura de saneamento básico e o consequente lançamento de esgotos sem nenhum tipo de tratamento nas coleções hídricas. Por essa razão, no Brasil as condições de balneabilidade dos recursos hídricos são avaliadas e classificadas a partir do monitoramento da concentração de bactérias indicadoras fecais na água.

De acordo com os dados mais recentes publicados pelo SNIS (2018), o índice de atendimento urbano com rede de esgotos no Brasil é de 60,9% e 25,5% dos esgotos coletados não são tratados, esses efluentes são dispostos diariamente no meio ambiente e contaminam mananciais e solos. Nessa perspectiva, o estado do Rio Grande do Norte se destaca negativamente e abaixo da média nacional, com índice de coleta de esgotos de apenas 32,35%.

O município de São Paulo do Potengi situa-se na mesorregião agreste potiguar e possui seu território integralmente pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, que corta a zona urbana do município. Em relação ao saneamento, o município chama a atenção pelo baixo índice de coleta de esgoto de 15,43%, abaixo inclusive da média estadual que já é baixa (SNIS, 2018).

No trecho urbano de São Paulo do Potengi, o rio que deu nome à cidade é barrado e o lago resultante do barramento é conhecido como Barragem Campo Grande, ou Reservatório Campo Grande. O local costumava atrair banhistas locais e de cidades próximas, que se organizavam em caravanas para atividades recreativas de contato primário e frequentar a infraestrutura de bares e restaurantes instalados nas margens do reservatório. Atualmente o cenário mudou: o volume do reservatório reduziu, as águas apresentam aspecto desagradável e os bares e restaurantes foram desativados. Apesar disso e mesmo de maneira menos expressiva, o reservatório continua sendo utilizado para recreação de contato primário.

A balneabilidade do reservatório Campo Grande não é monitorada continuamente pelos órgãos ambientais estaduais e municipais, sendo necessário o desenvolvimento de estudos que contribuam para o conhecimento da qualidade da água do reservatório e com isso ofereçam subsídios para o Poder Público planejar ações de recuperação ambiental, saneamento e garantia de segurança sanitária aos banhistas. Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico do uso do reservatório para recreação de contato primário e analisar a qualidade da água em função desse uso.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

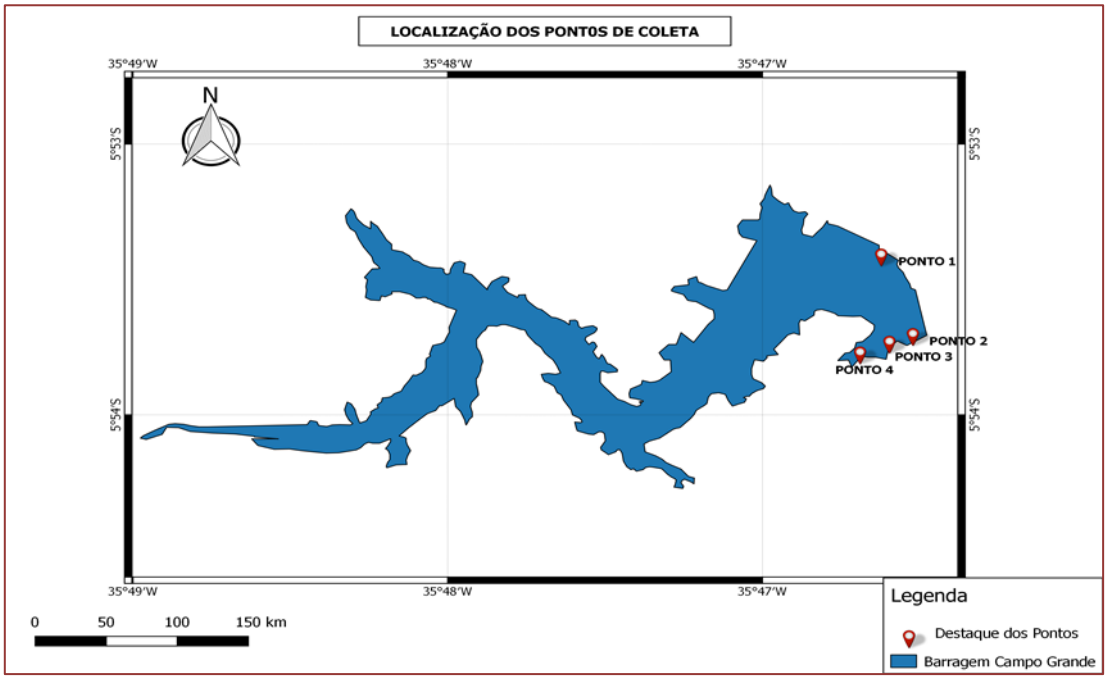
De acordo com a SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte) (2019) a capacidade do reservatório Campo Grande, objeto desse trabalho, é de 23.139.587,00 $m^3$. A altura da barragem é de 23 metros, tendo sido inaugurada no ano de 1983. Além da recreação de contato primário e secundário, as águas do Campo Grande são utilizadas para irrigação, pesca e dessedentação de animais.

Foram feitas visitas *in loco* para observar o uso e ocupação do solo no entorno do reservatório, aplicar questionários e realizar coletas de amostras de água em pontos que frequentemente são utilizados para o banho.

Afim de investigar a dicotomia no uso do reservatório como depurador de esgotos e ambiente para recreação de contato primário, a definição da metodologia para aplicação dos questionários se deu em função da proximidade geográfica da residência do entrevistado com o reservatório. Foram aplicados 30 questionários com residentes próximos ao reservatório, sendo um entrevistado por residência.

Os quatro pontos para coleta de amostras de água estão representados na Figura 1 e foram selecionados por serem locais reconhecidamente utilizados para recreação de contato primário e/ou cuja água apresentava aspecto desagradável. Em alguns desses pontos foi observado que são dados outros usos para as águas, como pesca e irrigação, por exemplo.

**Figura 1.** Localização dos pontos de coleta no Reservatório Campo Grande em São Paulo do Potengi/RN




Os pontos escolhidos para monitoramento apresentam as seguintes características:

- P1: próximo do sangradouro e bastante utilizado para pesca (Figura 2).
- P2: local que era utilizado para banho e pesca (Figura 3).
- P3: local mais comum para banho (balneário) (Figura 4).
- P4: local com plantações próximas e, portanto, se caracterizava por ser o ponto de entrada dos esgotos das casas próximas à barragem (Figura 5).

**Figura 2.** Ponto de coleta1 (P1)

**Figura 3.** Ponto de coleta 2 (P2)

**Figura 4.** Ponto de coleta 3 (P3)

**Figura 5.** Ponto de coleta 4 (P4)

As coletas mensais de amostras de água foram realizadas sempre no mesmo horário (8h da manhã) nos meses de abril, maio, julho, agosto e setembro de 2019, totalizando 5 campanhas. Para as análises físico-químicas foram coletados, aproximadamente 2 litros de amostra, e para as análises microbiológicas cerca de 250 mililitros, que eram armazenadas em recipientes previamente esterilizados. Após a coleta, as amostradas foram acondicionadas em caixa térmica, a uma temperatura média de 4 ºC para preservar seus constituintes físico-químicos e microbiológicos. Os indicadores físico-químicos e microbiológicos analisados e os respectivos métodos analíticos e referências estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Indicadores físico-químicos e microbiológicos analisados e respectivas metodologias.

| Variáveis | Unidade | Método | Referência |
|---|---|---|---|
| Temperatura | ºC | Termômetro com filamento de mercúrio | APHA, AWWA e WEF (2017) |
| pH | - | Potenciométrico | |
| Condutividade elétrica | µS/cm | Potenciométrico | |
| Oxigênio dissolvido | mg/L | Potenciométrico | |
| Turbidez | UNT | Nefelométrico | |
| Cor aparente | uH | Colorimétrico | |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100mL | Tubos múltiplos | |

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Águas, Efluentes e Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus São Paulo do Potengi.

Os dados foram organizados e sintetizados através de planilhas eletrônicas para realização de estatística descritiva (mínimo médio e máximo) e elaboração de gráficos de barras para melhor apresentação e análise dos resultados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os entrevistados, predominaram as mulheres (70%) com idade entre 15 e 40 anos e com o ensino médio completo (50%). A predominância de mulheres entre os entrevistados pode estar relacionada à divisão do trabalho, pautada principalmente nas relações de gênero, já que as entrevistas foram realizadas

em horário comercial e a abordagem para a entrevista ocorreu com as pessoas que estavam em casa nesse horário.

Quando questionados sobre a avaliação da qualidade da água do açude para banho, a maior parte dos entrevistados afirma acreditar que as águas são péssimas (Figura 6) e nenhum entrevistado reconhece a água como ótima. As respostas coadunam com as características da água do reservatório, que serão tratadas mais adiante e evidenciam a visão negativa dos entrevistados em relação a qualidade da água.

Em relação às possíveis fontes de contaminação das águas do reservatório, 72,5% dos entrevistados afirmaram que os esgotos são os principais causadores (Figura 7). Atrelado a isso cerca de 97% dos entrevistados afirmam que tem conhecimento de que as águas do reservatório podem transmitir doenças devido as contaminações. Apesar da evidente percepção da baixa qualidade da água e do esgoto como principal fonte de contaminação, quando questionados se já utilizaram o reservatório para banho, 70% dos entrevistados afirmou que sim.

Além desses questionamentos, os entrevistados responderam o que eles acreditam que pode ser feito para evitar ou até mesmo melhorar a qualidade das águas do açude Campo Grande. As respostas são apresentadas na Figura 8.

**Figura 6.** Respostas dos entrevistados sobre a qualidade da água do Reservatório Campo Grande em São Paulo do Potengi/RN

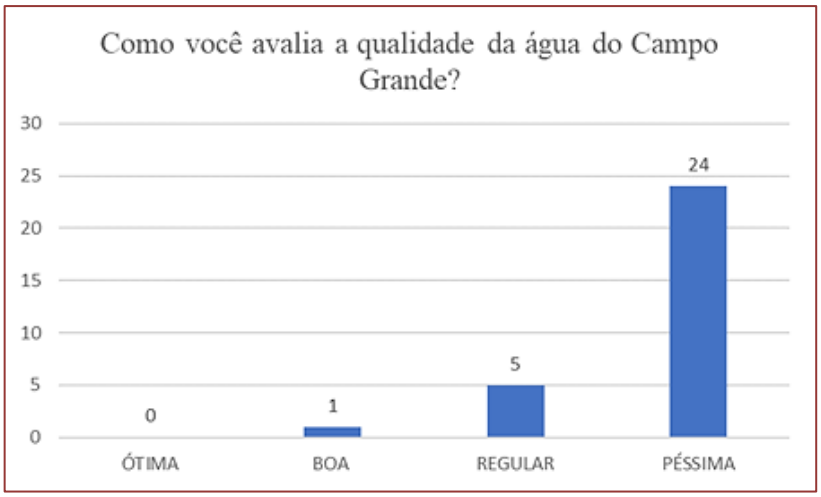



**Figura 7.** Respostas dos entrevistados sobre as possíveis fontes de contaminação do Reservatório Campo Grande em São Paulo do Potengi/RN

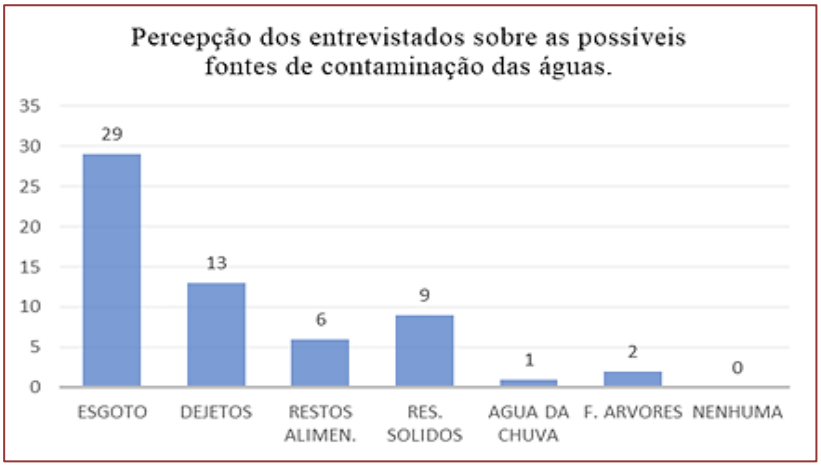
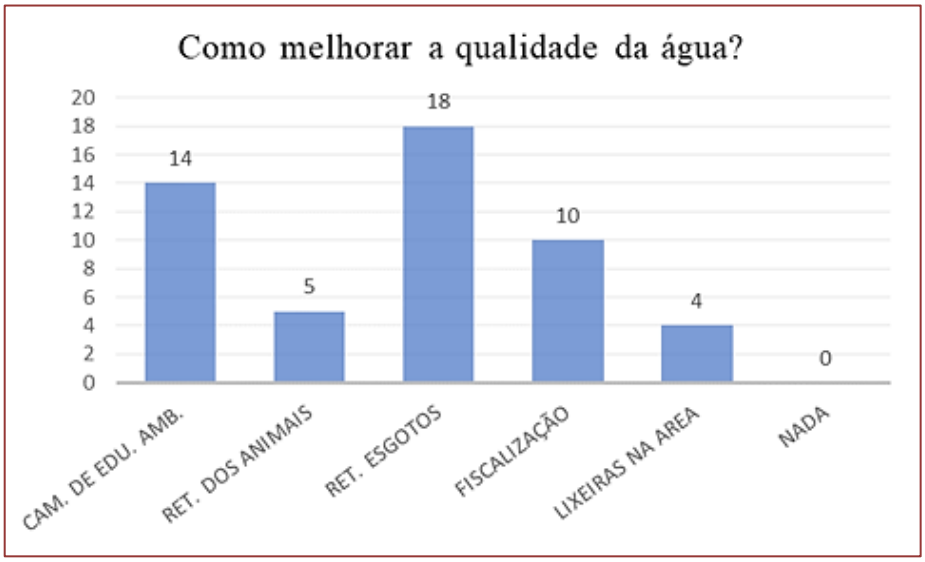


**Figura 8.** Respostas dos entrevistados sobre a melhoria da qualidade da água do Reservatório Campo Grande em São Paulo do Potengi/RN




Na Tabela 2 consta uma comparação dos resultados obtidos com os padrões e parâmetros de qualidade previstos na Resolução do CONAMA nº 357/2005 e nº 274/2000, bem como em Von Sperling (2014).

**Tabela 2-** Qualidade da água do Reservatório Campo Grande nos pontos monitorados (valores médios, mínimo e máximo)

| Ponto | Temperatura (ºC) | pH | Turbidez (UNT) | Condutividade elétrica (µS/cm) | Cor (uH) | Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | **26,0**<br>25,5 - 27,2 | **7,6**<br>7 - 7,9 | **6,9**<br>4,6 - 8,3 | **892**<br>738 - 1074 | **51**<br>45 - 55 | **$1,3*10^3$**<br>$4,5*10^1$ - $5,4*10^3$ |
| P2 | **26,6**<br>25,5 - 27,4 | **7,2**<br>7,5 - 7,9 | **7,8**<br>4,6 - 7,9 | **877**<br>747 - 1006 | **44**<br>50 - 54 | **$5,4* 10^3$**<br>$3,9*10^2$ - $1,6*10^4$ |
| P3 | **26,4**<br>25,7 - 27,9 | **7,7**<br>7,6 - 7,9 | **7,1**<br>5,8 - 7,9 | **882**<br>751 - 2014 | **51**<br>48 - 56 | **$1,9*10^3$**<br>$1,1*10^2$ - $5,4*10^3$ |
| P4 | **26,8**<br>26,0 - 27,5 | **7,8**<br>7,6 - 7,9 | **7,74**<br>5,46 - 10,8 | **901**<br>764 - 1074 | **51**<br>45 - 55 | **$1,1*10^3$**<br>$1,4*10^2$ - $2,2*10^3$ |
| **VPM** | -- | 6 a 9 (1) | Até 100 (1) | Até 100 (3) | Até 75 (1) | Até 1000 (2) |

(1) Resolução do CONAMA 357/05; (2) Resolução do CONAMA 274/00; (3) Von Sperling (2014).

De acordo com a resolução do CONAMA nº 357 de 2005, o pH, a Cor e a turbidez da água do reservatório estão dentro dos padrões estabelecidos que são pH de 6 a 9, cor até 75 uH, e turbidez até 100 UNT. Já os dados dos coliformes termotolerantes, de acordo com a Resolução do CONAMA nº 274 de 2000, estão fora dos padrões aceitáveis que é de até 1000 NMP/100mL. As bactérias do grupo coliforme são utilizadas como indicadores de contaminação fecal, ou seja, indicam se a água foi contaminada por fezes e, em decorrência, se apresenta uma potencialidade para transmitir doenças. (VON SPERLING, 2014).

Comparando-os valores obtidos nas campanhas com os padrões definidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000 que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, constatou-se que a água era imprópria para recreação de contato primário por apresentar alto número de coliformes termotolerantes (acima de 2500 NMP/100mL) nos seguintes pontos e momentos: P1 em 02/07/2019; P2 em 06/08/2019 e P3 em 28/05/2019. Ressalta-se que em P2 os valores de coliformes termotolerantes foram os mais elevados entre os pontos monitorados, chegando até a 16000 NMP/100mL).

Como nas resoluções mencionadas não há valores de referência para condutividade elétrica, mas é reconhecido na literatura técnica que águas naturais apresentam teores de condutividade elétrica na faixa

de 10 a 100 µS/cm, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 µS/cm (VON SPERLING, 2014). Dessa forma, os valores encontrados estão superiores ao recomendado pela literatura, demonstrando que existem fontes de poluição que interferem na qualidade das águas do rio barrado (Rio Potengi), bem como nas margens do reservatório. Essas fontes podem ser pontuais ou difusas, conforme se observou nas visitas *in loco*, quando foram identificados lançamentos de efluentes domésticos e escoamento superficial de áreas agrícolas.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos, foi possível perceber que os moradores próximos ao Reservatório Campo Grande entrevistados avaliam a qualidade da água como péssima e a maioria associa essa condição à disposição de esgotos. Mesmo assim, afirmam já terem utilizado o local para recreação de contato primário.

Com base nas análises realizadas verificou-se que a água do Reservatório Campo Grande não estava em conformidade com os parâmetros de balneabilidade em pelo menos 1 dos pontos monitorados em 3 das 5 campanhas realizadas. Ressalta-se que apenas a partir do monitoramento frequente da qualidade da água do reservatório pelos órgãos gestores e principalmente com a adoção de medidas estruturais e estruturantes no sistema de esgotamento sanitário dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, é possível garantir segurança sanitária aos usuários do reservatório Campo Grande para a recreação de contato primário.

## REFERÊNCIAS

[1] APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.23 ed. New York: Amerincan Public Health Association Inc., 2017.

[2] CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília, 2000. Disponível em: < http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em: 21 de nov. de 2019.

[3] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. Disponível em: < http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 10 de dez. de 2019.

[4] Convênio SRH/MMA/EMBRAPA/BIRD n°475/98. Disponível em: < http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>. Acesso em: 28 nov. 2019.

[5] VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4º Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

[6] SNIS, Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento. Portal Eletrônico. Brasília: Disponível em <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>, acesso em Junho 2020.

# Capítulo 10

## Evolução cronológica da biorremediação de petróleo por bactérias

*Hellen da Silva Sousa*
*Gilvânia Pereira da Costa*
*Francisca Klívia Nogueira Barbosa*
*Ana Millene dos Santos Silva*
*Lázaro Henrique Pereira*

Resumo: O petróleo é atualmente um dos principais recursos naturais utilizado como fonte de energia, tendo seus derivados empregue como matéria-prima de diversos produtos, assim, é mais provável que ocorra a contaminação de ambientes pelos seus compostos. A biorremediação é uma tecnologia capaz de recuperar áreas contaminadas por petróleo e seus derivados. Esta técnica consiste na utilização de microrganismos como bactérias, que são capazes de transformar poluentes em substâncias menos tóxicas. Ao analisar o surgimento das técnicas de biorremediação, têm-se a comprovação da eficiência das técnicas ao longo dos anos e o quanto as mesmas evoluíram a fim de suprir novas necessidades. Durante a década de 40 a biorremediação, quando seus estudos já haviam sido iniciados, não era tão popular quanto é hoje. Após longos estudos, foi perceptível que a mesma era uma alternativa eficaz e promissora para a descontaminação de locais vítimas de derramamento de petróleo, logo, diversas técnicas decorrentes da biorremediação surgiram. A presente revisão tem o objetivo de compilar de forma cronológica, a partir do estado da arte, o desenvolvimento das técnicas da biorremediação das áreas contaminadas por petróleo que utilizam bactérias.

Palavras-chave: Poluentes; Microrganismos; Áreas contaminadas.

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade moderna cada vez mais depende do petróleo e seus derivados para viabilizar suas atividades rotineiras. Consequentemente com o aumento da utilização, tornam-se maiores os riscos de contaminação por derramamento de resíduos tóxicos nos ecossistemas. Uma das técnicas mais utilizadas para a recuperação dessas áreas degradadas é proveniente da biotecnologia, sendo ela a biorremediação (DIAS et al., 2019).

A biorremediação consiste na utilização de microrganismos, onde se destacam as bactérias e fungos, os mesmos são capazes de inativar poluentes diversos que afetam o ambiente, pois apresentam em seu organismo a capacidade de degradar e modificar substâncias tóxicas, com exceção de metais pesados, a fim de torna-las solúveis (SOARES et al., 2020). As pesquisas realizadas com bactérias trazem resultados promissores mostrando a eficácia da utilização desses microrganismos ressaltando os tipos de bactérias que melhor atuam de acordo com as condições evidenciadas (BISOGNIN et al., 2018).

A presente pesquisa tem como objetivo compilar cronologicamente o desenvolvimento científico das técnicas de biorremediação de áreas contaminadas por petróleo seu derivado e utilizando bactérias, através da obtenção e compreensão dos dados e por fim a elaboração de uma linha cronológica com as inovações retratadas.

Para a realização do levantamento de dados que compõe a problemática abordada, será utilizado o método de revisão bibliográfica sistemática que consiste na análise de publicações como artigos, teses e livros da temática. A obtenção de dados será realizada através da leitura e revisão do material, afim de buscar os principais pontos que estão presentes na cronologia do tema. Os dados serão selecionados pela relevância técnico científica da linha temporal.

Com a finalidade de esclarecer a importância da biorremediação, assim como também para identificar como se deu o surgimento desse método é traçada uma linha cronológica em uma vertente específica, que é a bioremediação por bactérias, que para muitos é ofensivo, porém tem ainda sua importância para recuperar danos ao meio ambiente, serão elucidadas informações desde os anos 40 até hoje, com uma evolução nos seus conceitos como na sua execução.

Visto o interesse em traçar uma linha cronológica, apontando a sua evolução como prática de recuperação e salientar o envolvimento das bactérias nesse contexto. Para a obtenção de dados será realizado a leitura e revisão do material nos diversos bancos de dados de revistas cientificas e periódicos, afim de buscar os principais pontos que estão presentes na cronologia do tema selecionando-os pela relevância técnico científica no decorrer do tempo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. USO DO PETRÓLEO E SUAS ATRIBUIÇÕES

O petróleo pode ser definido como uma mistura de compostos orgânicos, com uma grande porcentagem de alcanos e hidrocarbonetos aromáticos, já em menor concentração oxigênio, nitrogênio e enxofre (FETTER, 1993). Além de seu uso como fonte de energia seus derivados são amplamente utilizados como matéria-prima dos mais diversos produtos. Porém, para ser utilizado, é requerida o refino da substância negra, pois a mesma tem em si praticamente nenhuma importância comercial, daí é perceptível a importância da etapa do refino (MARIANO, 2001).

Segundo a Agencia Nacional de Petróleo (ANP), no período de agosto de 2018 à agosto de 2019 foram produzidos 34.216,00 milhares de barris por dia de petróleo, que em comparação com o período anterior, de julho de 2017 à julho de 2018, com um valor de 33.844,00 milhares de barris por dia, é reforçado o crescente aumento do uso desse recurso natural. Vale salientar ainda os maiores campos produtores de petróleo no mês de agosto de 2019, Lula com 1026, Búzios com 341 e Sapinhoá com 239 milhares de barris por dia (ANP, 2019).

Em contrapartida, as refinarias consomem muitos recursos naturais e ainda são grandes geradoras de poluição degradando o ambiente em todas as vertentes, no ar, no solo e na água tendo em vista que ele é um resíduo sólido de difícil remediação, destacando a degradação consequente dos acidentes que ocorrem corriqueiramente nos mais diversos ecossistemas prejudicando a condição de vida dos envolvidos (MARIANO, 2001).

## 2.2. BACTÉRIAS E SUAS ATRIBUIÇÕES

As bactérias são seres microscópicos procariontes, sem envoltório nuclear, que segundo a classificação de Robert Whittake em 1969, junto com as cianobactérias (algas azuis) estão incluídas no Reino Monera. São na sua grande maioria heterotróficas, porém podem ser ainda autotróficas aeróbias, anaeróbias facultativas, obrigatórias ou estritas (TORTORA et al, 2012).

As bactérias heterotróficas podem ser classificadas ainda em saprófitas, assim denominadas devido utilizarem dos substratos orgânicos e inorgânicos como fonte de carbono e energia consequentemente realizando a conversão dos contaminantes em substancias inertes que são aptas a participarem da ciclagem de nutrientes na natureza (FRANCISCO e QUEIROZ, 2018).

As bactérias são consideradas pela grande parte da humanidade como seres pequenos, invisíveis e potencialmente perigosos, quando na verdade apenas pouquíssimas espécies são patológicas para animais, plantas ou qualquer organismo, com muitas delas podendo ainda possibilitar uma melhor qualidade de vida ao aproveitar de seus processos internos naturais (TORTORA et al, 2012).

Estes microrganismos podem ser considerados eficientes na biodegradação devido a sua abundancia, a ampla variedade das espécies e sua versatilidade em seus processos catabólicos e anabólicos, além de sua capacidade de se adaptar às condições ambientais mais adversas, na presença de oxigênio, o mesmo serve como o aceptor final de elétrons nas reações, já na sua ausência, podem ser utilizados compostos orgânicos ou íons inorgânicos como alternativa (MORAIS e TAUK-TORNISIELO, 2009).

Dentre as mais utilizadas na biorremediação, encontram-se as do gênero Pseudomonas e Bacillus. Ambas com a capacidade de degradar este contaminante para satisfazer suas necessidades metabólicas (TORTORA et al, 2005).

## 2.3. BIORREMEDIAÇÃO

A alternativa ecológica e economicamente viável que envolve a inserção de microrganismos como bactérias e fungos que transformam substancias poluentes complexas eficientemente é chamada biorremediação (FRANCISCO e QUEIROZ, 2018).

> O termo biorremediação pode ser definido como um processo que utiliza a biotecnologia na aceleração da transformação dos poluentes em produtos menos tóxicos. Normalmente utiliza-se o metabolismo de microrganismos para eliminação rápida de poluentes, para reduzir sua concentração para níveis aceitáveis, transformá-los em compostos de baixa toxicidade, ou mesmo mineralizá-los completamente (TONINI; DE REZENDE; GRATIVOL, 2010, p. 1014).

As técnicas de biorremediação podem ser realizadas de duas formas *ex situ* que podem ser realizadas com a remoção do substrato e a sua relocação para ser realizado o tratamento em laboratório e *in situ* que que podem ser realizados com praticidade no próprio local evitando custos, alterações do ambiente e com eficiência na eliminação dos riscos de contaminação em relação as outras técnicas convencionais, podendo ainda ser realizado em conjunto com outras técnicas de tratamento. A biorremediação se ramifica de acordo com a metodologia utilizada, podendo ser feita através de: biorreatores, landfarming, biopilhas, bioventilação, bioestimulação, bioaumentação e *air sparging*, tendo como produto final da biorremediação água e gás carbônico (MARIANO, 2006).

A biorremediação não é totalmente eficaz para degradação de algumas substâncias como metais pesados, radionuclídeos e alguns compostos organoclorados, tendo ainda a possibilidade de ocorrer a produção de metabólicos tóxicos através do processo da biorremediação de determinado contaminante (SEABRA, 2005).

Há ainda a possibilidade de ser feita uma aprimoração nas técnicas ao adicionar nutrientes e ser realizada uma otimização das condições ambientais do solo, devido a especificidade de condições ambientais requeridas por determinados microrganismos, essa metodologia é conhecida como bioestimulação, ou pode-se também adicionar outros microrganismos que tem a característica de degradar contaminantes específicos para uma ação conjunta, essa tática é denominada bioaumentação (JACQUES et al., 2007).

Em uma cultura mista, com diversos grupos de microrganismos, os produtos metabólicos de uma espécie são degradados por outros presentes no meio e assim sucessivamente, levando a completa degradação do produto apesar da falta de um indivíduo específico que sozinho degrade o composto (MORAIS E TAUK-TORNISIELO, 2009).

A técnica de biorreatores utiliza o tratamento de líquidos ou suspenções e pode ser realizada *ex situ*, a mesma consiste no uso de tanques aéreos fechados, a característica hidrofóbica dos compostos carbonados em questão justifica a eficiência desse método, que segundo Marcoux et al e Janikowski et al apresenta o maior índice de degradação (MACLEOD e DAUGULIS, 2005).

A técnica de biopilha é bastante confundida com a de compostagem, pois ambas utilizam os mesmos procedimentos como, o solo para formação de adubo, sendo que na biopilha se usa solo contaminado em formação de pilhas e revolve para que seja biodegradável, levando 3 meses para obter o produto e na compostagem se usa matéria orgânica (SEABRA, 2005).

*Landfarming* é uma tecnologia de remediação do solo na qual utiliza as propriedades químicas e físicas do contaminante, onde será adicionado oxigênio e nutrientes para atuação efetiva dos microrganismos, para a execução dessa pratica deve-se ter uma total controle dos fatores necessário para haver uma proveitosa interação entre os microrganismos e o solo, como a aeração do solo e a presença dos nutrientes essenciais (WEBER e SANTOS, 2013).

Bioventilação consiste na adição de oxigênio no solo contaminado a ser remediado pelos microrganismos alóctones e autóctones afim de proporcionar o desenvolvimento, o crescimento e aprimorar o metabolismo dos mesmos, já que os microrganismos aeróbios necessitam de uma quantidade ideal de oxigênio para realizar algumas atividades básicas e para sua própria metabolização (PEDROZO et al, 2002).

## 3. EVOLUÇÃO CRONOLÓGICA

A biorremediação vem sendo estudada desde a década de 40, porém extremamente impopular e fora do contexto de microbiologistas focados em recuperação de áreas contaminadas. Tendo início com Zobel em 1946, que reuniu dados diversos que juntos compõem os conceitos fundamentais da biorremediação (HOFF, 1993).

Foram observados quais compostos químicos eram degradados por certas bactérias, como a parafina pelo fungo *Botrytis cinerea* e por outras 17 diferentes espécies de bactérias. Assim como o fato de que o metano estava sendo utilizado por culturas mistas de bactérias no solo e que algumas espécies bacterianas eram capazes de assimilação de hidrocarbonetos aromáticos (ZOBEL, 1946).

A situação só se alterou quando houve o derramamento de petróleo do navio Exxon Valdez 1989, onde devido à alta oferta de metodologias para a reparação do acidente, o tema se tornou amplamente conhecido e de alto interesse. Dentre as diversas metodologias oferecidas vale salientar a adição de nutrientes para um acréscimo da taxa de degradação, técnica que ficou extremamente conhecida futuramente (HOFF, 1993).

O processo de *landfarming*, que consiste no tratamento direto do solo contaminado, teve sua utilização iniciada por volta dos anos 50, devido o interesse das empresas petrolíferas, que inclusive foram as primeiras a aplicar tal método. Enquanto no Brasil, esse método veio a ser introduzido pela PETROBRAS em 1982 (SILVA, 2009).

Em 1980 foram registradas situações em laboratório e campo onde foi utilizada uma das técnicas de biorremediação, a bioventilação (ou *bioventing*), onde era realizada não só a remoção física, como também a indução da atividade microbiana, sendo patenteada em 1988 por Ely e Heffner (MORITA, 2010).

Foi comprovada em 1989 a eficiência de um método no qual a catalisação da degradação era atingida e eram dispensados os usos de provenientes da engenharia genética após a aplicação no derramamento do desastre do Exxon Valdes. No Brasil a utilização da bioestimulação só veio a ser aceita em 2007 pela CETESB, sendo proibida até então (WEBER e SANTOS 2013).



No início dos anos 90 iniciou-se a utilização de uma técnica da aplicação de misturas de nutrientes e materiais estruturantes em solos contaminados pela indústria controladamente, tal técnica é conhecida como biopilha ( ou *biopile*, *heap pile bioremediation*, *biocell*, *bioheap*, *biomound*, *static-pile composting*). É constantemente tratada como um sinônimo da compostagem, porém a compostagem se diferencia da

biopilha por possuir no sistema um revolvimento e por possuir um maior teor de matéria orgânica envolvido (SEABRA, 2005).

Ainda na década de 90, foi documentada a utilização de uma técnica extremamente promissora na qual há uma grande discussão sobre sua eficácia, pois suas vantagens são difíceis de prever, porém quando funciona, os resultados se provam mais que satisfatórios, tendo como principais dificuldades apresentadas, a grande diversidade de microrganismos utilizados, a heterogeneidade do ambiente e as variações nas influencias dos principais parâmetros (VOGEL, 1996).

Outra técnica que teve seu uso documentado na década de 90 foi a de biorreatores, cuja metodologia se resume no tratamento biológico através da separação de membranas (JUDD, 2008).As espécies bacterianas mais utilizadas e estudadas atualmente devido sua alta capacidade degradadora são as *Pseudomonas, Mycobacterium, Haemophilus, Rhodococcus, Paenibacillus* e *Ralstonia* (TYAGI et al, 2011).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise feita sobre a biorremediação podemos destacar sua importância na aplicação de recuperação de áreas degradadas pelo derramamento de petróleo utilizando apenas microrganismos que dependem das condições necessárias para sua atuação, com vantagens de custo benefício, sendo uma atividade sustentável e barata, que traz bons resultados, por outro lado existe um déficit em investimentos sendo uma técnica que precisam ser investigadas e modernizadas para assim poder ter melhores resultados.

Durante toda a busca por informações, houve uma necessidade de dados explícitos sobre o surgimento da biorremediação, como surgiram as técnicas, quem as desenvolveu e quais foram as que obtiveram maior sucesso, dificultando, mas não impossibilitando, a conclusão do objetivo da pesquisa, não obstante existindo ainda uma abundância de aplicação da mesma com resultados satisfatórios na recuperação dos diversos ecossistemas.

## REFERÊNCIAS

[1] ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Boletim de produção de petróleo e gás natural. 2005. Disponível em: http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp/2395-boletim-mensal-da-producao-de-petroleo-e-gas-natural. Acesso em: 26 de out. 2021.

[2] BISOGNIN, Ramiro Pereira et al. Análise do potencial microbiano de uma biopilha na biorremediação de solos contaminados por hidrocarbonetos de petróleo. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 23, p. 517-526, 2018.

[3] DIAS, Guilherme et al. Biorremediação de efluentes por meio da aplicação de microalgas-uma revisão. Química Nova, v. 42, p. 891-899, 2019.

[4] FETTER, C. W. Contaminant hydrogeology macmillan publishing company. New York, USA, 1993.

[5] FRANCISCO, Wellington Camilo; DE QUEIROZ, Tânia Márcia. Biorremediação. Nucleus, v. 15, n. 1, p. 249-256, 2018.

[6] HOFF, Rebecca Z. Bioremediation: an overview of its development and use for oil spill cleanup. Marine pollution bulletin, v. 26, n. 9, p. 476-481, 1993.

[7] JACQUES, Rodrigo Josemar Seminoti et al. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. Ciência rural, Santa Maria. Vol. 37, n. 4 (jul./ago. 2007), p. 1192-1201, 2007.

[8] JUDD, Simon. The status of membrane bioreactor technology. Trends in biotechnology, v. 26, n. 2, p. 109-116, 2008.

[9] MACLEOD, Carolan T.; DAUGULIS, Andrew J. Interfacial effects in a two-phase partitioning bioreactor: degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by a hydrophobic Mycobacterium. Process Biochemistry, v. 40, n. 5, p. 1799-1805, 2005.

[10] MARIANO, Adriano Pinto. Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel. 2006. Disponivel em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102864. Acesso em: 06 de out. 2019.

[11] MARIANO, Jacqueline Barboza. Impactos ambientais do refino de petróleo. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

[12] MORAIS, Eduardo Beraldo de; TAUK-TORNISIELO, Sâmia Maria. Biodegradation of oil refinery residues using mixed-culture of microorganisms isolated from a landfarming. Brazilian archives of Biology and technology, v. 52, n. 6, p. 1571-1578, 2009.

[13] MORITA, Dione Mari. Prevenção e controle da poluição da água e do solo causada por resíduos industriais perigosos. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[14] PEDROZO, Maria de Fátima Menezes et al. Ecotoxicologia e avaliação de risco do petróleo. Centro de Recursos Ambientais, v. 12, p. 246, 2002.

[15] SEABRA, Paulo Negrais Carneiro. Aplicação de biopilha na biorremediação de solos argilosos contaminados com petróleo. Doutorado (Tese), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

[16] SILVA, Leonardo Jordão da. Processo de Landfarming para Tratamento de Resíduos Oleosos. 2009. 106 f. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Ciências Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

[17] SOARES, I. A. et al. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. Arquivos do Instituto Biológico, v. 78, p. 341-350, 2020.

[18] TONINI, Rita Maria Costa Wetler; DE REZENDE, Carlos Eduardo; GRATIVOL, Adriana Daudt. Degradação e biorremediação de compostos do petróleo por bactérias: revisão. Oecologia Australis, v. 14, n. 4, p. 1010-1020, 2010.

[19] TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 894 p.

[20] TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. Microbiologia. In: Microbiologia. 2012.

[21] TYAGI, Meenu; DA FONSECA, M. Manuela R.; DE CARVALHO, Carla CCR. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes. Biodegradation, v. 22, n. 2, p. 231-241, 2011.

[22] VOGEL, Timothy M. Bioaugmentation as a soil bioremediation approach. Current opinion in biotechnology, v. 7, n. 3, p. 311-316, 1996.

[23] WEBER, Bruna Daniela; SANTOS, Antenor Aguiar. Utilização da biorremediação como ferramenta para o controle da degradação ambiental causada pelo petróleo e seus derivados. Engenharia Ambiental (Online)-Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 1, p. 114-133, 2013.

[24] ZOBELL, Claude E. Action of microörganisms on hydrocarbons. Bacteriological reviews, v. 10, n. 1-2, p. 1, 1946.

# Capítulo 11

## *Influência do processo de fotodegração na dissolução do óleo oriundo do desastre ambiental no litoral do Nordeste, Brasil*

*Jeferson Alves de Alcântara*
*Rômulo André Santos Silva*
*Joel Marques da Silva*
*Carlos Alexandre Borges Garcia*
*Adnívia Santos Costa Monteiro*
*Silvânio Silvério Lopes da Costa*

Resumo: Um dos maiores derramamentos de óleo cru em mar já registrado em todo o mundo em termos de extensão ocorreu no litoral nordestino do Brasil, com início registrado em agosto de 2019, atingindo uma faixa de 4.334 km. Em decorrência da dificuldade em estudar componentes dissolvidos do petróleo, se faz necessário o uso de técnicas que sejam capazes de identificar as substâncias provenientes do óleo. Neste trabalho analisou-se a degradação do óleo cru coletado na praia, na cidade de Aracaju, Sergipe, com exposição solar e no escuro, simulando as condições naturais do seu comportamento no mar, como também a caracterização através das técnicas de UV-Vis e fluorescência. Com as análises de UV-Vis, obteve-se valores de absorbância entre 200 e 380 nm, cuja maior contribuição adquiriu-se através da exposição solar, já através da fluorescência notou-se que a substância oriunda do processo de fotodegradação possui características semelhantes ao fenantreno, por apresentar pico na região de 300 a 450 nm. Com base nos resultados obtidos a partir da espectroscopia de UV-VIS, percebeu-se que o uso da energia solar contribuiu para o processo de fotodegradação do petróleo, podendo deduzir através da análise de fluorescência a presença de uma substância proveniente deste processo, o fenantreno.

Palavras-chave: Óleo cru, Fluorescência, UV-Vis.

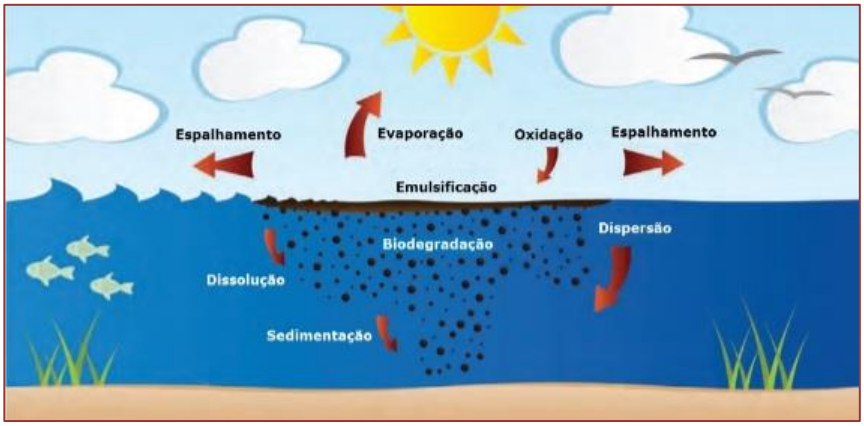
## 1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores tragédias socioambientais do Brasil, o vazamento de petróleo no litoral brasileiro, que atingiu os nove estados do Nordeste e mais dois do Sudeste do país (Espírito Santo e Rio de Janeiro) e alcançou cerca de mil localidades foi considerado o maior derramamento de óleo bruto registrado na história do país, alcançando uma faixa litorânea de 4.334 km (Antunes, 2001; Pena *et al.*, 2020). Em Sergipe, todas as 17 praias sergipanas foram afetadas e apresentaram reaparecimento das manchas após serem limpas. De acordo com o Ministério Público Federal aproximadamente 5 mil toneladas de petróleo foram retiradas das praias, corais, rios e mangues apenas entre outubro e dezembro de 2019.

O petróleo é de ocorrência natural, constituído por misturas complexas de hidrocarbonetos e outras substâncias que podem conter heteroátomos de nitrogênio, oxigênio e enxofre e em menor quantidade alguns metais. Geralmente sua classificação é representada pelo acrônimo SARA (saturados, aromáticos, resinas e asfaltenos).

Quando alcança os sistemas aquáticos, o óleo pode formar uma mancha com diferentes espessuras (milímetros a micrômetros) o que permite seu deslocamento em função da direção e velocidade dos ventos, por exemplo, e é vulnerável a degradação. A assimilação nesses ambientes ocorre por meio de processos (Figura 1) como o espalhamento, a dispersão, dissolução, sedimentação, biodegradação, emulsificação, evaporação e a oxidação (promovida pela luz solar é a reação do oxigênio com os hidrocarbonetos obtendo produtos mais solúveis que tendem a ser mais tóxicos do que os inicialmente presentes no óleo cru (Ramos, 2014). Esses processos como e transformações químicas, podem ser influenciados por fatores como clima da região, presença de sólidos suspensos e bactérias na água e principalmente as características físico-químicas do óleo derramado (Antunes, 2001).

**Figura 1.** Possíveis processos que o óleo derramado no mar pode sofrer




Fonte: Marinha do Brasil, 2022.

O petróleo absorve em toda a faixa do espectro visível e sua composição permite sua caracterização utilizando técnicas espectroscópicas como a ultravioleta visível (UV – Visível) e a intensidade de fluorescência molecular (IF) as quais têm sido aplicadas em estudos ambientais por fornecerem informações essenciais sobre estrutura química, fontes e degradação de outras substâncias orgânicas em águas naturais (Arguelho et al., 2017; Monteiro et al., 2019); Li e Hur, 2017). Estas técnicas são atrativas por apresentarem baixo custo operacional, não necessitando de preparo da amostra, de fácil manuseio e com rápida obtenção de dados (Nascimento et al., 2020).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da luz solar, através do processo de fotodegradação, na dissolução do óleo proveniente do derramamento na costa sergipana, região Nordeste do Brasil, um ecossistema tropical que recebe elevada exposição à radiação solar, através da espectroscopia molecular de UV-Vis e fluorescência.

## 2. METODOLOGIA

A amostra de óleo estudada no presente trabalho foi coletada na praia de Atalaia, situada na cidade de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, durante o mês de outubro, 2019. O óleo coletado foi armazenado em frasco reagente de vidro e levado para laboratório para posterior análise.

### 2.1. FOTODEGRADAÇÃO

Para a realização do experimento de fotodegradação utilizou-se uma parte da amostra para cada cem partes de água do mar (Ali, Mantoura e Rowland, 1995), produzida em laboratório conforme as especificações da *American Society For Testing and Materials* (2013).

As soluções petróleo-água foram acondicionadas em frascos de vidro com capacidade volumétrica de 200 mL, totalizando seis amostras, onde três delas foram expostas à luz solar e outras três sob proteção da luz (escuro), todas foram submetidas à agitação lenta. O tempo de exposição de cada uma delas encontra-se especificado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tempo de exposição das amostras no experimento de fotodegradação

| Tempo de exposição | Solar | | | Escuro | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 horas | 15 horas | 25 horas | 5 horas | 15 horas | 25 horas |

As amostras submetidas a exposição solar e agitação foram dispostas no período das 10 h às 15 h, com variação de temperatura no sistema de 38 °C a 40 °C. Após transcorrido o tempo especificado as amostras foram filtradas à 0,45 µm e deu-se prosseguimento as análises. A amostra de 15 horas precisou ser exposta durante 3 dias no mesmo intervalo de tempo (10 h às 15 h) a cada dia, o tempo em que a amostra permaneceu em repouso até completar as 15 horas de exposição foi de 38 horas, utilizou-se então uma amostra para o controle (C1), onde ela permaneceu em contato com o óleo durante 38 horas sob as mesmas condições de descanso da amostra de 15 horas.

Da mesma forma procedeu-se para a amostra de 25 horas que precisou de 5 dias de exposição, utilizando uma amostra controle (C2) cujo tempo em contato com o óleo foi de 56 horas, totalizando o tempo em que a amostra 25 horas permaneceu em repouso até ser exposta a cada dia.

As amostras que estavam sob proteção da luz estiveram em agitação durante o mesmo tempo das amostras que foram expostas a luz solar, a temperatura no sistema se manteve constante em torno de 25 °C, posteriormente foram tratadas e analisadas conforme transcorrido o tempo especificado.

### 2.2. UV-VIS

As análises na região do UV-Vis foram realizadas, utilizando um espectrofotômetro da marca FEMTO modelo 700 PLUS e cubetas de quartzo de 1 cm, com varredura de 200 nm a 600 nm. Os espectros foram posteriormente corrigidos com o branco analítico (água do mar sintética).

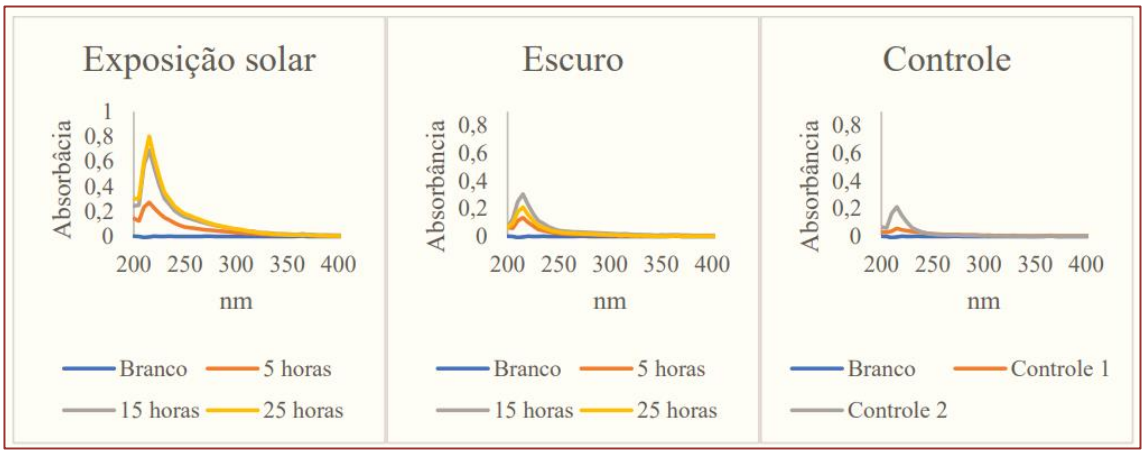
### 2.3. FLUORESCÊNCIA

Os espectros de fluorescência das amostras foram obtidos utilizando um espectrofluorímetro da marca Perkin Elmer modelo LS45, cuja fonte de excitação é oriunda de uma lâmpada de xenônio, utilizando uma cubeta de quartzo de 10 cm e uma varredura de 200 a 600 nm. Neste estudo foi usado comprimento de onda de excitação fixada em 230 nm (Ostgaard e Jensen, 1983). Os espectros foram posteriormente corrigidos com o branco analítico (água do mar sintética).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A absorção na região do UV-Vis por uma molécula depende do tipo de ligação que compõe sua estrutura, em que espectros obtidos entre 200 e 380 nm indicam a presença de substâncias aromáticas (Weishaar *et al.*, 2003). A Figura 2 expressa os espectros de absorbância obtidos das amostras de óleo cru, fornecendo informação quanto ao tipo de estrutura da substância liberada durante o processo de dissolução do petróleo.

**Figura 2.** Absorção na região do UV-Vis com picos entre 200 nm e 300 nm, representando os espectros obtidos no experimento com o uso da energia solar, no escuro e as amostras de controle



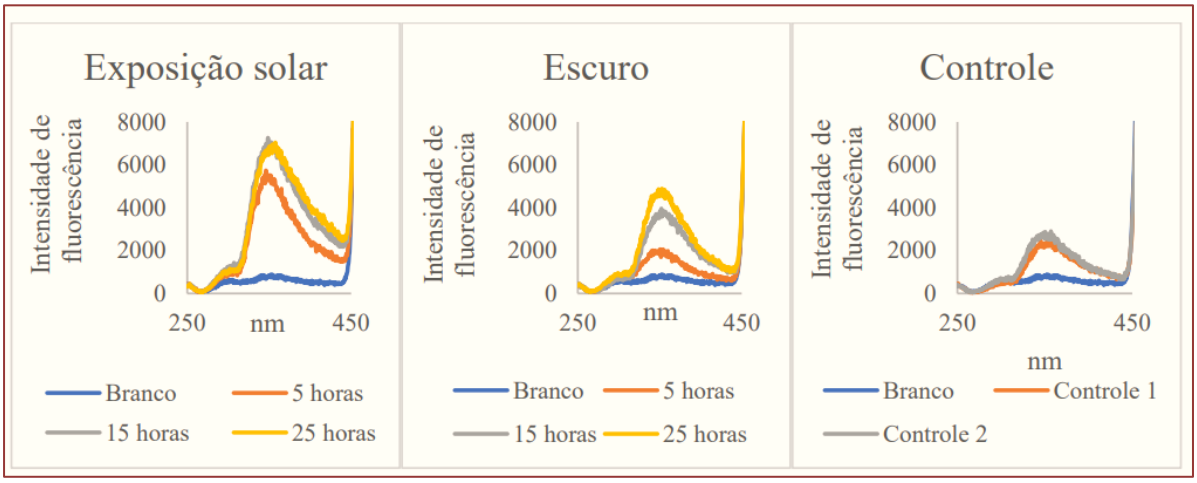

Os espectros obtidos ilustram maiores valores de absorbância (Abs) na região entre 200 e 380 nm, indicando que a substância dissolvida apresenta estrutura característica de substâncias aromáticas, como as que compõe o petróleo (Nicodem *et al.*, 1997; Shiu *et al.*, 1990), ratificando que a substância liberada foi oriunda do óleo cru em análise.

As amostras submetidas à exposição solar apresentaram maiores valores de absorbância que as demais amostras, evidenciando a contribuição da energia solar para o processo de dissolução do petróleo (Scheier e Gominger, 1976; Ostgaard e Jensen, 1983). Os experimentos de controle, C1 e C2, apresentaram baixos valores de absorbância, indicando uma pequena contribuição para a fotodegradação do petróleo durante o tempo em que as amostras de 15 horas e 25 horas permaneceram em repouso.

Os espectros de absorbância para o experimento realizado no escuro, revelam que o experimento de 15 horas apresentou absorbância maior que a amostra que estava em contato com o óleo sob agitação durante 25 horas. Um comportamento diferente do que foi observado para as amostras que foram expostas ao sol, onde o maior tempo de exposição resultou em uma maior dissolução e, consequentemente, maior absorbância entre 200 e 380 nm. Essa anomalia pode estar associada a degradação da substância dissolvida através da atividade microbial dentro do sistema, que acabam destruindo a aromaticidade da molécula (Ali, Mantoura e Rowland, 1995; Iwabuchi *et al.*, 2002).

Através da análise de fluorescência foi possível obter informações que puderam apontar a possível composição da substância dissolvida, como ilustra a Figura 3. Os espectros ilustrados indicam que a substância dissolvida apresenta maior intensidade de fluorescência na região entre 300 e 450 nm, característica semelhante aos picos de intensidade de fluorescência do fenantreno (Ostgaard e Jensen, 1983), um hidrocarboneto policíclico aromático presente na composição do petróleo cru (Celino e Queiroz, 2006), corroborando com os resultados obtidos pela análise de UV-Vis.

**Figura 3.** Espectros de fluorescência analisados na região entre 250 e 450 nm com Comprimento máximo de onda de excitação fixo em 230 nm




A redução de absorbância notada através da espectroscopia UV-Vis na amostra exposta durante 25 horas, no escuro, não se repetiu na análise de fluorescência, levando a supor que haja a presença de outras substâncias aromáticas, além do fenantreno, e que acabaram sendo degradadas (Pinhati *et al.*, 2014), enquanto o fenantreno teve tendência a aumentar a sua dissolução com o passar do tempo de exposição, já que essa substância apresenta resistência à degradação (Díaz Schultze *et al.*, 2008).

Estudos comprovam que o fenantreno possui uma rápida absorção pela pele, cuja exposição direta possui altas propensões ao desenvolvimento de tumores e cancêr (Meire, Azeredo e Torres, 2007). Além disso, pode causar irritações não somente à pele, como também aos olhos, nariz e provocar dores abdominais (Silva, da *et al.*, 2019). Tais sintomas foram apresentados por voluntários que entraram em contato com o óleo enquanto trabalhavam para a retirada do material das praias (Carmo e Teixeira, 2020).

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram alterações na composição química do óleo proveniente do derramamento de óleo conhecido como a maior tragédia ambiental do Brasil, quando exposto à degradação via luz solar durante 25 horas, revelando a importância do monitoramento das substâncias solubilizadas nas águas atingidas. Além disso, as técnicas UV-Vis e a fluorescência molecular se mostraram eficientes e sensíveis as mudanças de natureza fotoquímicas.

## REFERÊNCIAS

[1] ALI, L. N.; MANTOURA, R. F. C.; ROWLAND, S. J. The dissolution and photodegradation of Kuwaiti crude oil in sea water. Part 1: Quantitative dissolution and analysis of the seawater-soluble fraction. Marine Environmental Research, v. 40, n. 1, p. 1–17, 1995.

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D1141. Standard Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water. ASTM International, v. 98, n. Reapproved 2013, p. 1– 3, 2013.

[3] ANTUNES, V. Estudo por ressonância paramagnética eletrônica da fotodegradação do petróleo brasileiro sob luz solar. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2001.

[4] C. Phenanthrene in ambient air due to addition of biodiesel in diesel used in heavy-duty engines. Revista Virtual de Quimica, v. 11, n. 1, p. 297–309, 2019.

[5] CARMO, E. H.; TEIXEIRA, M. G. Desastres tecnológicos e emergências de saúde pública: o caso do derramamento de óleo no litoral do Brasil. Cadernos de saúde pública, v. 36, n. 2, p. e00234419, 2020.

[6] CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. D. S. Fonte e grau da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da baía de Todos os Santos, Bahia. Revista Escola de Minas, v. 59, n. 3, p. 265–270, 2006.

[7] DÍAZ SCHULTZE, O.; ENCINA M., F.; RECABARREN G., E.; VALLE C., S. DEL; PASTENE O., R.; MONTES S., S.; FIGUEROA Q., A. Estudio de la concentración de arsénico, mercurio, plomo y fenantreno en la macha (Mesodesma donacium). Implicancias alimentarias y toxicologicas. Revista Chilena de Nutricion, v. 35, n. 1, p. 53–60, 2008.

[8] DOMENICO, L. DE; CRISAFI, E.; MAGAZZÙ, G.; PUGLISI, A.; ROSA, A. LA. Monitoring of petroleum hydrocarbon pollution in surface waters by a direct comparison of fluorescence spectroscopy and remote sensing techniques. Marine Pollution Bulletin, v. 28, n. 10, p. 587–591, 1994.

[9] IWABUCHI, N.; SUNAIRI, M.; URAI, M.; ITOH, C.; ANZAI, H.; NAKAJIMA, M.; HARAYAMA, S. Extracellular polysaccharides of Rhodococcus rhodochrous S-2 stimulate the degradation of aromatic components in crude oil by indigenous marine bacteria. Applied and Environmental Microbiology, v. 68, n. 5, p. 2337–2343, 2002.

[10] J.; SILVA, J. T.; PASCHOALIN, V. M. F. Avaliação da eficiência de degradação de hidrocarbonetos aromáticos por bactérias provenientes de estação de tratamento de efluente de refinaria de petróleo.

[11] LI, P.; HUR, J. Utilization of UV-Vis spectroscopy and related data analyses for dissolved organic matter (DOM) studies: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 47, n. 3, p. 131–154, 2017.

[12] MARINHA DO BRASIL. 2022. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/ieapm/content/o-que-acontece-quando-um-%C3%B3leo-%C3%A9-lan%C3%A7ado-ao-mar. Acessado em 04 de outubro de 2022.

[13] MEIRE, R. O.; AZEREDO, A.; TORRES, J. P. M. Aspectos ecotoxicológicos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Oecologia Brasiliensis, v. 11, n. 2, p. 188–201, 2007.

[14] NASCIMENTO, R. S.; ALCÂNTARA, J. A; SALES; J. M. J.; COSTA, S. S. L.; MONTEIRO, A. S. C. "Caracterização da matéria orgânica dissolvida presente em águas superficiais dos rios São Francisco e Jacaré utilizando fluorescência molecular", in Olhar dos recursos e do meio ambiente do estado de Sergipe. Org. por SOUSA, I. F.; MONTEIRO, A. S. C. e SANTANA, N. R. F., ed. Editora Poisson, Belo Horizonte – MG, pp. 101 – 111.

[15] NICODEM, D. E.; FERNANDES, M. C. Z.; GUEDES, C. L. B.; CORREA, R. J. Photochemical processes and the environmental impact of petroleum spills. Biogeochemistry, v. 39, n. 2, p. 121– 138, 1997.

[16] OSTGAARD, K.; JENSEN, A. Evaluation of direct fluorescence spectroscopy for monitoring aqueous petroleum solutions. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, v. 14, n. 1, p. 55–72, 1983.

[17] PENA, P. G. L.; NORTHCROSS, A. L.; LIMA, M. A. G. DE; RÊGO, R. DE C. F. Derramamento de óleo bruto na costa brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. Cadernos de saude publica, v. 36, n. 2, p. e00231019, 2020.

[18] PINHATI, F. R.; AGUILA, E. M. DEL; TÔRRES, A. P. R.; SOUSA, M. P. DE; SANTIAGO, V. M. Quimica Nova, v. 37, n. 8, p. 1269–1274, 2014.

[19] SCHEIER, A.; GOMINGER, D. A Preliminary study of the toxic effects of irradiated vs. Nonirradiated water soluble fractions of #2 fuel oil. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 16, n. 5, p. 595–603, 1976.

[20] SHIU, W. Y.; BOBRA, M.; BOBRA, A. M.; MAIJANEN, A.; SUNTIO, L.; MACKAY, D. The

[21] SILVA, C. R. DA; PIRACELLI, V. P.; SABINO, F. C.; AMADOR, I. R.; PINTO, J. P.; SOLCI, M.

[22] water solubility of crude oils and petroleum products. Oil and Chemical Pollution, v. 7, n. 1, p. 57– 84, 1990.

[23] WEISHAAR, J. L.; AIKEN, G. R.; BERGAMASCHI, B. A.; FRAM, M. S.; FUJII, R.; MOPPER, K. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. Environmental Science and Technology, v. 37, n. 20, p. 4702–4708, 2003.

[24] ZAHED, M. A.; AZIZ, H. A.; ISA, M. H.; MOHAJERI, L. Effect of initial oil concentration and dispersant on crude oil biodegradation in contaminated seawater. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 84, n. 4, p. 438–442, 2010.

# Capítulo 12

## *Plano para a integração do Eixo Leste do Projeto São Francisco com bacias do estado da Paraíba*

*Cícero Aurélio Grangeiro Lima*

Resumo – Trata-se de uma avaliação sob o ponto de vista da sustentabilidade hídrica da bacia do rio Paraíba sem e com o aporte da vazão do Eixo Leste do Projeto de Integração do rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF). Neste estudo fez-se uma análise de alternativas para a integração da vazão do PISF com bacias deficitárias do Estado de duas maneiras, a partir do reservatório Poções, uma parte da vazão seria distribuída por meio de sistema adutor e outra parte lançada diretamente no leito do rio Paraíba. Foram realizadas simulações para diversos cenários de aporte hídrico e de distribuição de água, com uso do modelo (ModSim P32), para o sistema integrado dos reservatórios da bacia, analisando os ganhos de vazão regularizada e as respectivas perdas hídricas. Estudou-se a proposta de alocação de água sugerida pela AESA em 2007, analisando-a sob o ponto de vista do atendimento das demandas hídricas, incluindo 10 m3/s do Canal da Integração, dos ganhos de vazão regularizada, dos custos relativos à adução de água bruta e do desembolso financeiro anual relacionado ao ganho da vazão regularizada incremental proporcionado pelo PISF, para os horizontes de 2010 e 2025.

Palavras-chave: Integração de bacias, usos múltiplos, sistema adutor.

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Integração de Águas do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) prevê uma entrada de água, via leito natural do rio Paraíba até atingir o açude Poções no município de Monteiro. A adução terá uma parcela de 4,2 $m^3/s$ de vazão firme e 5,8 $m^3/s$ de vazão flutuante, a ser disponibilizada dependendo das condições hídricas do reservatório Sobradinho. Dentre as regiões que serão beneficiadas pelo referido eixo, situam-se: o Cariri, o Curimataú e o Seridó, nas quais é observado o maior problema concernente ao abastecimento de água do Estado e onde está inserido o município com menor índice pluviométrico do Brasil: Cabaceira, com uma média anual em torno de 300 mm.

A escassez de água é agravada pelo déficit crônico do balanço hídrico regional, que envolve a pluviometria e a evaporação. O clima tropical, com elevada temperatura e alta insolação, ocasiona taxa de evaporação de até 2.500 mm ao longo do ano, estabelecendo sempre a uma situação de déficit hídrico na bacia. O manejo das reservas hídricas é refém da incerteza quanto à afluência hídrica para o próximo período de chuva. Dessa maneira, a operação dos reservatórios é limitada em função da necessidade de se armazenar água como garantia para anos vindouros, quando poderá ou não haver uma recarga hídrica.

O PISF já possui Outorga Preventiva conferida pela Resolução N.º 29/2005 da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005a), que reservou a vazão de 26,4 $m^3/s$ no rio São Francisco, correspondente à demanda para consumo humano e dessedentação animal projetada para o ano 2025 na bacia receptora. Entretanto, o §2º do Art. 1º dessa Resolução estabelece que: "*Enquanto a demanda real for inferior à demanda projetada de que trata o caput, o empreendimento poderá atender o uso múltiplo dos recursos hídricos na região receptora*".

Este estudo tem por objetivos avaliar, sob o ponto de vista hídrico, a sustentabilidade da bacia do rio Paraíba no cenário *sem* e *com* o aporte da vazão do Eixo Leste do PISF. Neste sentido, foram analisadas proposta para a integração deste aporte hídrico com bacias deficitárias da Paraíba, para diversos cenários de alocação de água.

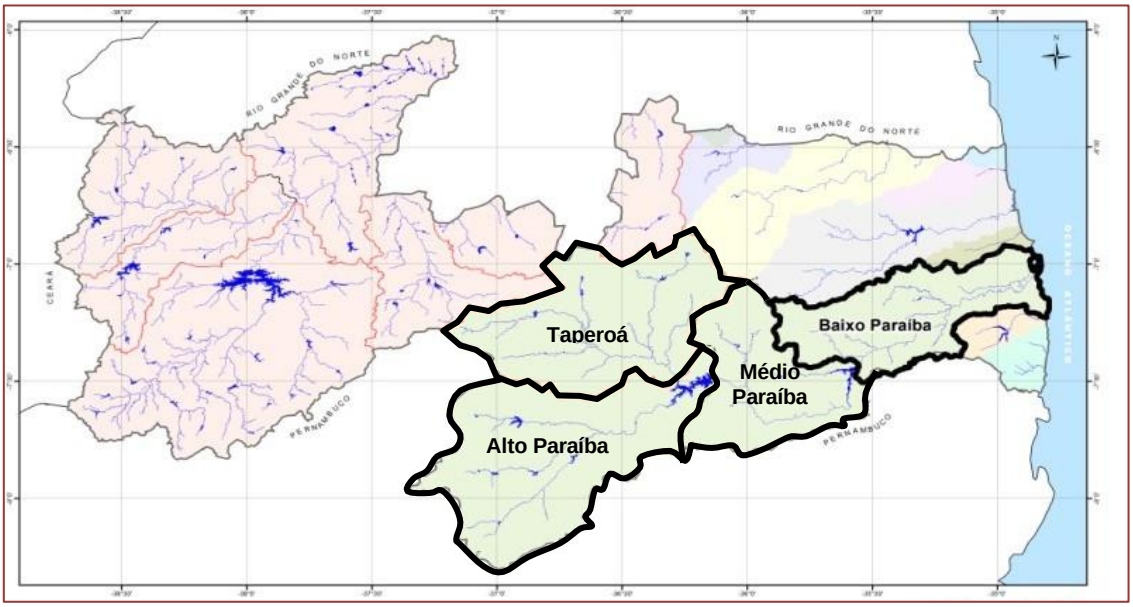
Os resultados mostraram que, no cenário *sem a transposição,* os reservatórios da bacia não atendem as demandas atuais e que as perdas relativas à evaporação e vertimentos somam 71,5% das capacidades dos reservatórios. No cenário com *a transposição* foi observado uma redução de 40% das perdas hídricas nos reservatórios. Os ganhos de vazão regularizadas nos melhores cenários de alocação de água podem variar de 4,17 $m^3/s$ a 6,20 $m^3/s$. Foi observado também que em nenhum cenário estudado reservatório Acauã não atendeu a demanda de 10 $m^3/s$ prevista para o *Canal da Integração.* Na proposta da AESA, apresentada em 2007, os custos totais anuais estimados, relativos à adução de água bruto do Eixo Leste do PISF para a bacia do rio Paraíba, foram: R$ 27,248 e R$ 38,148 milhões, para os horizontes de 2010 e 2025, respectivamente.

## 2. A ÁREA ESTUDADA

### Localização

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba, localizada ente as latitudes 6º51'31" e 8º26'21" Sul e as longitudes 34º48'35" e 37º2'15" a Oeste de Greenwich é a segunda maior do Estado da Paraíba, abrangendo uma área de 20.071,82 $Km^2$, que representa 38% do seu território e uma população de 1.828.178 habitantes, correspondente a 52% da sua população total. Considerada uma das bacias mais importantes do semi-árido nordestino, ela é composta pela sub-bacia: Taperoá (5.666,38 $km^2$), Alto Paraíba (6.717,39 $km^2$), Médio Paraíba (3.760,65 $km^2$) e Baixo Paraíba, a jusante do reservatório Acauã até sua foz no oceano Atlântico (3.925,40 $km^2$), mostrado na Figura 1.

**Figura 1 –** Localização da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba




## Características fisico-climáticas

Em termos de climatologia, de acordo com a classificação de Köeppen, a região do Alto Curso do Rio Paraíba possui clima do tipo BSwh' (semi-árido quente) e do Baixo Curso do Rio Paraíba vigora o clima do tipo Aw' (úmido). A vegetação natural predominante é caatinga hiperxerófila, hipoxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia na região do Alto PB, Médio PB e Taperoá. Na região do Baixo Curso do Rio Paraíba ainda existem algumas áreas com a vegetação nativa da Mata Atlântica e ecossistemas associados. As precipitações médias anuais variam de 400 mm, na região do Alto Paraíba até 1700 mm na região do Baixo Paraíba. A evaporação média anual varia entre 1.300 mm (Baixo PB) até 2.500 mm (Alto PB). Na bacia estudada observa-se a ocorrência de solos do tipo Bruno não Cálcico, que cobrem todo o cristalino e, na região do Baixo Paraíba, os solos mais representativos são: Bruno não Cálcico, Litólico, Solonetz Solodizado, Regossolo e Cambissolo.

## Balanço hídrico

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH/PB (SECTMA, 2006), a maior reserva hídrica da Paraíba está concentrada na vazão regularizada dos reservatórios (21,7 $m^3/s$), responsáveis por 72,4% da disponibilidade total. Desta vazão, 95% é atribuída a 43 reservatórios com capacidade superior a 10 $hm^3$, sendo que 10 deles encontram-se na bacia do rio Paraíba, regularizando 7,18 $m^3/s$ (61,3%) das disponibilidades da bacia. A maior disponibilidade da bacia estudada encontra-se na sub-bacia do Médio Paraíba (99,5%) em virtude da presença do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), segunda maior reserva hídrica do Estado.

As demandas totais referentes aos usos de abastecimento urbano e rural, pecuária, indústria e irrigação somam 11,26 $m^3/s$. A maior demanda está concentrada no sub-bacia do Baixo Paraíba (6,22 $m^3/s$), que representa 55,3% do total. Neste contexto, a bacia apresenta um balanço hídrico deficitário da ordem de 4,08 $m^3/s$, apresentando saldo positivo somente na sub-bacia do Alto Paraíba, com valor de 0,09 $m^3/s$ (Tabela 1).

**Tabela 1 –** Balanço hídrico atual da bacia do Rio Paraíba

| Sub-bacia hidrográfica | Disponibilidades | | Demandas | | Saldo |
|---|---|---|---|---|---|
| | ($m^3/s$) | (%) | ($m^3/s$) | (%) | ($m^3/s$) |
| Alto Paraíba | 2,55 | 35,6 | 2.46 | 21,8 | 0.09 |
| Médio Paraíba | 1,99 | 27,7 | 2.21 | 19,6 | -0.22 |
| Baixo Paraíba | 2,45 | 34,2 | 6.22 | 55,3 | -3.76 |
| Taperoá | 0,18 | 2,5 | 0.37 | 3,3 | -0.19 |
| **Soma** | **7.18** | **100,0** | **11.26** | **100,0** | **-4.08** |

## Estudo do PISF para a bacia do Rio Paraíba

As avaliações de demandas e ofertas hídricas nas regiões beneficiadas pelo Projeto de Integração do rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) constam dos Estudos de Inserção Regional, realizados pelo MI. Neste estudo foram analisadas as ofertas hídricas de açudes existentes, potenciais de uso de águas subterrâneas, demandas hídricas concentradas em núcleos urbanos, distritos industriais existentes e previstos, perímetros de irrigação existentes e previstos, áreas potencialmente irrigáveis e usos difusos da água referentes ao consumo humano, animal e irrigação ao longo de rios e canais previstos pelo PISF.

Na análise do balanço hídrico das bacias receptoras foram consideradas duas condições: *sem* e *com* a vazão aduzida do PISF. Na condição *sem o projeto* foram contabilizadas as ofertas e demandas hídricas atuais e futuras em diversas sub-bacias, contemplando suas interrelações hidrológicas. Na condição *com o projeto* foram realizadas simulações do sistema de reservatórios integrados considerando variações ao longo do tempo das vazões bombeadas, em função dos níveis de armazenamento no reservatório de Sobradinho. Os resultados estão aprestados na Nota Técnica Nº 390/2005/SOC (ANA, 2005b).

O pedido de outorga apresentado no PISF está baseado no levantamento da situação hídrica nas bacias receptoras que considerou, para a estimativa da oferta hídrica superficial, somente os açudes *com capacidade acima de 10 $hm^3$*. Estes açudes estão localizados tanto nas calhas dos rios principais quanto em afluentes dos rios que serão beneficiados com as vazões do PISF. A Tabela 2 apresenta os açudes considerados com as respectivas vazões regularizadas com 100% de garantia.

**Tabela 2 –** Reservatórios contemplados nos estudos do PISF

| Reservatórios contemplados | Vazão regularizada (g=100%) ($m^3/s$) |
|---|---|
| Santo Antônio | 0.01 |
| Cordeiro | 0.37 |
| Camalaú | 0.28 |
| Sumé | 0.17 |
| Taperoá | 0.02 |
| Soledade | 0.11 |
| Epitácio Pessoa | 2.9 |
| Acauã | 1.86 |
| Poções | 0.472 |
| Serra Branca I | 0.01 |
| Serra Branca II | 0.01 |
| Gramame-Mamuaba | 3.38 |
| São Salvador | 0.2 |
| Várzea Grande | 0.01 |
| Taperoa II | 0.05 |
| **Soma** | **9.852** |

O levantamento das demandas hídricas que poderiam ser atendidas pelo PISF e por fontes hídricas locais foi encaminhado pelo Ministério da Integração Nacional a ANA por meio dos Estudos de Inserção Regional, juntamente com o pedido de outorga preventiva. O referido levantamento foi baseado na análise prospectiva do abastecimento de água, da irrigação, dos usos difusos da água, dos cenários de demandas hídricas nas bacias receptoras e identificação de sub- projetos integráveis. As demandas referem-se a áreas urbanas, distritos industriais, perímetros de irrigação e usos difusos ao longo dos canais e rios perenizados por açudes existentes que receberão águas do Rio São Francisco. Para a estimativa das demandas de irrigação, o PISF considerou o consumo específico de 0,45 l/s/ha. A Tabela 3 apresenta as demandas hídricas para bacias do Estado da Paraíba, para os horizontes de 2005 e 2025.

**Tabela 3 –** Demandas hídricas estabelecidas pelo PISF

| Bacia hidrográfica | Ano 2005 | Qurb ($m^3/s$) | Qrural ($m^3/s$) | QBeda/Pisc. ($m^3/s$) | QIndust ($m^3/s$) | QIrrig ($m^3/s$) | Ano 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Paraíba | 6,09 | 4,20 | 0,15 | 0,84 | 3,00 | 1,42 | 9,61 |
| Piranhas | 4,30 | 1,00 | 0,16 | 0,82 | 0,019 | 14,11 | 16,28 |

Do balanço hídrico na bacia do Rio Paraíba foi descontado o percentual de 15% da vazão regularizada do reservatório Acauã (último do sistema), atribuído às *perdas de gestão*, que segundo o PISF "*são inevitáveis pela necessidade de manter vazões nos trechos finais dos rios para utilização dos usuários*". O resultado do confronto disponibilidade versus demanda, segundo estudos do PISF mostrou valores deficitários de 3,30 $m^3/s$ e de 12,10 $m^3/s$ para os horizontes 2010 e 2025, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 4. Nesta, pode-se observar uma diferença de 0,78 $m^3/s$ entre o valor encontrado pelo PERH/PB e o valor estabelecido no estudo do PISF.

**Tabela 4 –** Balanço hídrico por sub-bacia do rio Paraíba

| Sub-bacia hidrográfica | Oferta hídrica | Demandas ($m^3/s$) | | Defict Hídrico ($m^3/s$) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Ano 2010 | Ano 2025 | Ano 2010 | Ano 2025 |
| Alto PB | 1,50 | 1,80 | 3,60 | 0,30 | 2,10 |
| Baixo | 8,10 | 11,10 | 18,00 | 3,00 | 10,00 |
| **Total** | **9,60** | **12,90** | **21,60** | **3,30** | **12,10** |

## 3. O ESTUDO PROPOSTO

### Considerações gerais

A entrega da vazão de 10 $m^3/s$ do Eixo Leste do projeto São Francisco para a Paraíba se dará via leito de rio até atingir o reservatório Poções, no município de Monteiro, dividida em dois segmentos: 4,2 $m^3/s$ de vazão firme e 5,8 $m^3/s$ de vazão flutuante. Esta última a ser disponibilizada dependendo das condições hídricas do reservatório de Sobradinho (ANA, 2005b). A partir dessa condição, foi elaborada uma proposta de integração das vazões aduzidas para o Eixo Leste/PISF com a infraestrutura hídrica existente, em implantação e projetada para as bacias deficitárias do setor Leste da Paraíba. Foram analisadas duas formas de condução da vazão do PISF, a partir do reservatório Poções, com objetivos específicos.

A proposta inicial foi desenvolvida no âmbito da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), em 2007, com consulta a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) visando definir os sistemas de abastecimento com déficit hídrico e localidades a serem atendidas. O atendimento das demandas hídricas foi proposta de duas maneiras, relacionadas com a alocação da vazão aduzida pelo PISF: parte da vazão fixa (4,2 $m^3/s$) por meio de um sistema de adutoras composta de Eixo Principal, 3 Eixos Adutores e 14 ramais. A segundo parcela seria distribuída, a partir do reservatório Poções, via leito do Paraíba até o reservatório Acauã (Figura 2).

### Sistema adutor

O sistema adutor proposto consiste de um Eixo Principal que partirá de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) a ser implantada a jusante do reservatório Poções até a cidade de Remígio, 3 Eixos Adutores e 14 Ramais, descritos a seguir:

**Figura 2 –** Proposta para integração do Eixo Leste/PISF com bacias da Paraíba

- *Eixo Principal:* partindo da Estação Central de Tratamento de Água (ETA), alcançando a BR- 412 até o ponto final, na cidade de Remígio, totalizando uma extensão aproximada de 200 Km. Deste eixo partirão 3 ramais;
- *Eixo Serra de Teixeira:* partindo da BR-412, nas proximidades da cidade de Sumé, pela PB- 210 passando pelo município de São José dos Cordeiro até alcançar a cidade de Imaculada. A vazão de adução estimada foi de 275 l/s e uma extensão aproximada de 148 Km. Deste eixo partirão 3 ramais;
- *Eixo Seridó:* partindo do município de Remígio até a cidade de Picuí, com vazão e extensão estimadas em 178 l/s e 86,2 Km, respectivamente. Deste eixo partirão 6 ramais; e
- *Eixo do Brejo:* partindo da cidade de Remígio margeando a PB-105, passando pela cidade de Arara, de onde seguirá margeando a PB-085 até a cidade de Serraria, com uma extensão aproximada de 32 Km. Deste eixo partirão 2 ramais.

O sistema será responsável pelas interligações da vazão do PISF com as infraestruturas hídricas nas bacias hidrográficas do rio Paraíba, Espinharas, Seridó, Jacu, Curimataú e Mamanguape, com as seguintes características: extensão total aproximada de 670 Km, 67 municípios beneficiados, população atendida estimada em 1.120.000 habitantes e vazão aduzida de 2,78 $m^3/s$, para o horizonte 2025.

## 4. ESTIMATIVA DAS DEMANDAS

### Demandas de abastecimento

Para a estimativa das demandas urbanas atuais foram utilizados dados dos sistemas de abastecimento de água operados pela CAGEPA. As demandas futuras foram estimadas com base nas projeções de população do PERH/PB, considerando os seguintes consumos per capita estabelecidos pelo PISF:

- Municípios com população > 100.000 hab .....200 l/hab.dia
- Municípios com população < 100.000 hab .....150 l/hab.dia
- Município com população < 4.000 hab.....120 l/hab.dia
- Consumo rural.....120 l/hab.dia

As demandas rurais foram obtidas considerando o atendimento pelo sistema adutor de 70% da população. Aos valores finais das demandas de abastecimento foi acrescentada um percentual de 40% referente às perdas na captação, na reservação e na distribuição de água. A Tabela 5 mostra os valores finais das demandas hídricas de abastecimento por eixo adutor, para o horizonte de 2025.

**Tabela 5 -** Demandas hídricas de abastecimento por eixo adutor

| Eixo adutor | Extensão (Km) | No. de unicípios atendidos | População 2025 (hab.) | | Demandas Hídricas[2] (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Urbana | Rural[1] | |
| Serra de Teixeira | 148,10 | 07 | 32.706 | 22.510 | 120 |
| Do Brejo | 33,0 | 20 | 130.152 | 62.652 | 526 |
| Seridó | 86,2 | 09 | 38.931 | 22.613 | 132 |
| Central | 199,7 | 75 | 851108 | 212.293 | 2.000 |

(1)– considerando o atendimento de 70% da população; (2) - considerando uma perda de 40% no sistema.

### Demandas de irrigação

Para a estimativa das demandas hídricas de irrigação dos perímetros irrigados da área estudada (Sumé, Poções, Congo e Vereda Grande) foi considerado o consumo unitário de 0,45 l/s.ha e o período de irrigação de 6 meses, correspondente aos meses de junho a novembro. A Tabela 6 mostra as áreas potenciais destes perímetros, as demandas hídricas e as respectivas fontes hídricas.

**Tabela 6 –** Demandas hídricas para irrigação e respectivas fontes hídricas

| Perímetros irrigados | Área potencial (ha) | Demanda ($m^3/s$) | Volume por período ($hm^3$) | Fonte hídrica |
|---|---|---|---|---|
| Sumé | 222 | 0,10 | 1,555 | Aç. Sumé |
| Poções | 356 | 0,16 | 2.488 | Aç. Poçoes |
| Congo | 156 | 0,07 | 1.089 | Aç. Cordeiro |
| Vereda Grande | 289 | 0,13 | 2.022 | Aç. Ep. Pessoa |

Na Tabela 7 encontram-se resumidas às demandas hídricas totais estabelecidas para os reservatórios beneficiados diretamente pela adução da vazão do PISF, para o horizonte de 2025. Ressalta-se que, a vazão de 10 $m^3/s$ defluente do reservatório de Acauã é destinada ao suprimento das demandas de irrigação das áreas litorâneas do Estado, por meio do Canal da Integração. A demanda de abastecimento do reservatório Cordeiro é referente à adutora do Congo.

**Tabela 7 -** Demandas hídricas para os reservatórios beneficiados diretamente pelo PISF

| Reservatórios beneficiados | Capacidade máxima ($hm^3$) | Demandas hídricas 2025 ($m^3/s$) | |
|---|---|---|---|
| | | Abastecimento | Irrigação |
| Poções | 29,86 | 0,020 | 0,16 |
| Camalaú | 46,44 | 0,015 | -- |
| Cordeiro | 69,97 | 0,250 | 0,07 |
| Epitácio Pessoa | 411,69 | 2,010 | 0,13 |
| Acauã | 253,14 | 1,000 | 10,00 |

## 5. AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

### Balanço hídrico dos reservatórios

Para a caracterização das efetivas disponibilidades hídricas das bacias receptoras consistiu na quantificação das vazões regularizadas pelo sistema de reservatórios já existentes nas mesmas. Para tanto foi utilizado o modelo ModSim P32 (Labadie et al., 1989), para a simulação integrada do sistema de reservatórios existente em cada uma das bacias receptoras com capacidade superior a 10 $hm^3$ e que dispunham de dados de projeto.

O principal resultado obtido mediante a aplicação do referido modelo são as curvas que relacionam as vazões regularizadas com as respectivas garantias, para cada reservatório beneficiado pelo PISF. A metodologia usual para a avaliação da disponibilidade hídrica de um dado reservatório tem como ponto central a chamada equação do balanço hídrico, a qual contabiliza todas as afluências ou aportes aos reservatórios bem como todas as retiradas ou eventuais sangrias. Essa equação tem, em geral, a seguinte formulação:

$$Vr_i = Vr_{i-1} + Va_i + Vp_i - Ve_i - Vs_i - Vab_i \quad (1)$$

Onde,

$Vr_i$ - representa o volume armazenado no mês *i*;

$Vr_{i-1}$- representa o volume armazenado no mês *i-1*;

$Va_i$ - representa o volume afluente ao reservatório no mês *i*;

$Vp_i$ - representa a precipitação direta sobre o espelho d'água no mês *i*;

$Ve_i$ - representa o volume evaporado no reservatório no mês *i*;

$Vs_i$ - representa o volume sangrado no mês *i*; e

$Vab_i$ - *representa o volume regularizado ou retirado no mês i*

Quando um reservatório, em um dado mês não consegue suprir a vazão de retirada, diz-se que ocorreu uma falha do reservatório no suprimento. A garantia de abastecimento (g) para uma certa vazão regularizada pré-fixada é dada pela relação:

$$g=\left(1-\frac{nf}{n}\right)*100 \quad (2)$$

Onde,

*nf* – representa o número de falhas anotadas no período de simulação; e

*n* – representa o número de períodos simulados.

A solução da equação do balanço hídrico e o correspondente cálculo de "g" para uma faixa de valores de vazão regularizada permite o estabelecimento da chamada curva de garantia do reservatório, curva esta que relaciona vazão regularizada com níveis de garantia. O nível de garantia adotado usualmente em estudos hidrológicos para fins hidroagrícolas no Brasil é de 90%, para fins energéticos 95% e para fins de abastecimento humano, garantia superior a 99%.

Para a simulação do sistema foram utilizados dados de vazão da série pseudo-histórica de 55 anos, correspondente ao período de 1935 a 1989.



### Modelagem do sistema

A modelagem da bacia do Rio Paraíba para as simulações dos cenários foi realizada em três módulos: Tributário Taperoá, Tributário Paraíba e o sistema Boqueirão-Acauã, Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

## Cenários estudados

Para a simulação do sistema de reservatórios da bacia do rio Paraíba foram adotados **6 (seis) cenários** de alocação de água do PISF, conforme descritos a seguir:

➢ *Cenário 1*, referente a situação atual do sistema hídrico, sem o aporte da vazão do PISF. O objetivo foi obter os déficits hídricos dos reservatórios no atendimento as demandas atuais de abastecimento e irrigação;

➢ *Cenário 2* , referente a proposta apresentada pelo PISF (ANA, 2005), com transposição de uma vazão fixa de 4,2 m³/s (no horizonte 2025), via leito de rio. Os objetivos deste cenário foram:

- verificar a substentabilidade hídrica do sistema no suprimento dos déficits hídricas observados no cenário 1; e
- quantificar as perdas hídricas por evaporação e vertimentos nos reservatórios e por infiltração no leito natural do rio.

**Figura 3 -** Esquema para simulação do *tributário Taperoá*

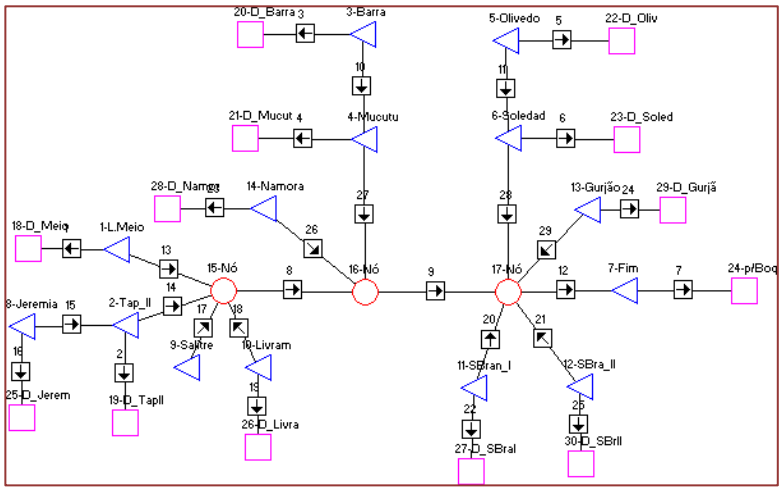



**Figura 4 -** Esquema para simulação do tributário Paraíba

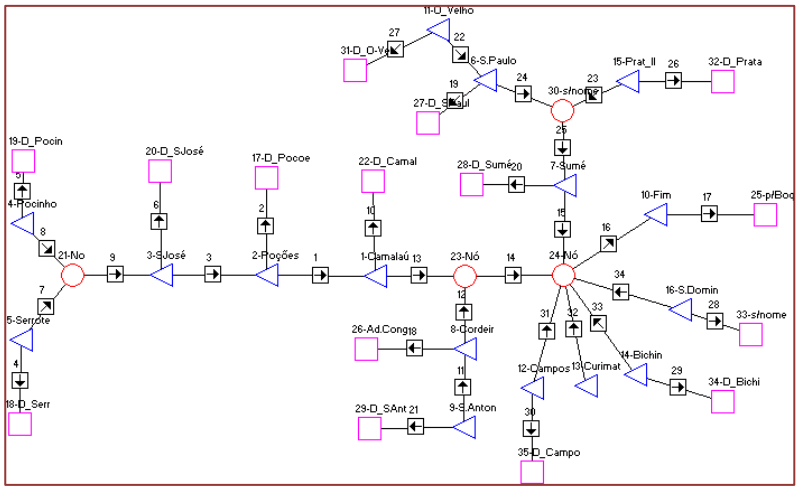
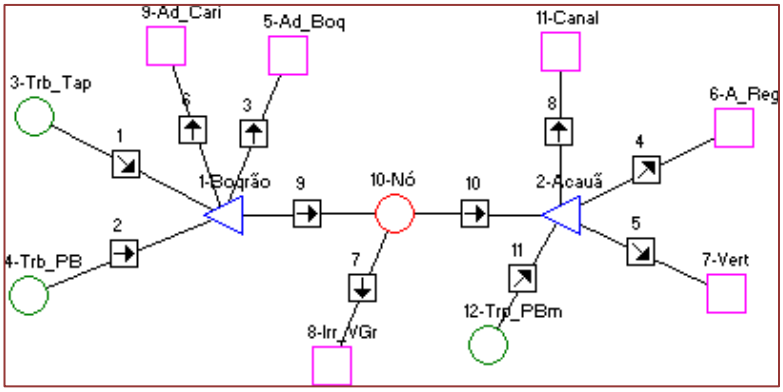


**Figura 5 -** Esquema para simulação do sistema Boqueirão-Acauã




➢ *Cenário 3,* referente a proposta com transposição para duas situações de adução de vazão da parcela fixa ao sistema:

- Situação 1- metade da vazão estabelecida para o horizonte 2025, nos primeiros 10 anos do projeto ($Q_{2018}$ = 1,4 $m^3/s$), via adutora; e
- Situação 2 – vazão de 2,8 $m^3/s$ no leito do rio, correspondente a diferença entre a vazão fixa (PISF) menos a vazão restante ($Q_{PISF} - Q_{2018}$).

➢ *Cenário 4* – proposta com transposição para duas situações de adução de vazão da parcela fixa ao sistema:

- Situação 1 - vazão total estabelecida para o horizonte 2025 (Q = 2,8 $m^3/s$) via adutora; e
- Situação 2 – vazão de 1,4 $m^3/s$ no leito do rio, correspondente a diferença entre a vazão fixa menos a vazão restante ($Q_{PISF} - Q_{2025}$).

➢ *Cenário 5* – proposta com transposição para duas situações de adução de vazão total de 9,61 $m^3/s$ ao sistema:

- Situação 1- vazão total estabelecida para o horizonte 2025 ($Q_{2025}$ = 2,8$m^3/s$) via adutora; e
- Situação 2 – no leito do rio, as seguintes vazões foram analisadas:

a. *vazão mínima,* igual a igual a 1,4 $m^3/s$; correspondente a diferença ($Q_{PISF} - Q_{2025}$); e

b. *vazão máxima*, igual a parcela variável (5,41 $m^3/s$) mais a vazão mínima $Q_{máx}$= 6,81 $m^3/s$.

➢ *Cenário 6* – proposta da AESA, com transposição para duas situações de adução de vazão total de 9,61 $m^3/s$ ao sistema:

- Situação 1 - via adutora: vazão total $Q_{2025}$ = 2,0 $m^3/s$; e
- Situação 2 – no leito do rio:

a. *vazão mínima* de 2,2 $m^3/s$ durante os 12 meses; e

b. *vazão máxima* de 7,61$m^3/s$ durante 6 meses (junho a novembro).

## 6. ANÁLISES DOS RESULTADOS

### Cenário sem a transposição

Neste cenário foi estudada a capacidade dos reservatórios do sistema no atendimento as demandas hídricas atuais sem o aporte da vazão do eixo Leste/PISF. Os resultados apresentados na Tabela 8 mostram que apenas as demandas de abastecimento são atendidas pelos reservatórios, com níveis de garantias superiores a 99%. Com relação às demandas de irrigação, somente o reservatório Epitácio Pessoa apresentou capacidade de suprir; entretanto, vale ressaltar que na simulação deste cenário não foram consideradas perda referente ao deslocamento da água, da fonte hídrica até o perímetro de Vereda Grande.

**Tabela 8 -** Demandas hídricas e garantias de atendimento dos reservatórios

| Reservatórios | Demanda ($m^3/s$) | | Garantias (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | Abastecimento | Irrigação | Abastecimento | Irrigação |
| Poções | 0,010 | 0,16 | 99,8 | 50,0 |
| Camalaú | 0,015 | --- | 100,0 | --- |
| Cordeiro | 0,250 | 0,07 | 99,1 | 50,0 |
| Ep. Pessoa | 1,310 | 0,17 | 100,0 | 100,0 |
| Acauã | 1,900 | --- | 100,0 | --- |

Neste cenário, as perdas hídricas totais médias (evaporação e vertimento) observadas foram da ordem de 71,5% das capacidades dos reservatórios, sendo que, 52,4% foi atribuída as perdas por vertimento (Tabela 9).

**Tabela 9 –** Perdas hídricas dos reservatórios: situação de operação atual

| Reservatórios | Cap. máx ($hm^3$) | QReg ($m^3/s$) | Perdas ($hm^3$/ano) | | Perdas (%) da capacidade | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Evap. | Vert. | Evap | Vert |
| Poções | 29,86 | 0,010 | 10,128 | 20,237 | 33,9 | 67,8 |
| Camalaú | 46,44 | 0,015 | 10,248 | 25,448 | 22,1 | 54,8 |
| Cordeiro | 69,97 | 0,250 | 10,800 | 26,657 | 19,2 | 38,1 |
| Ep. Pessoa | 411,69 | 1,310 | 46,284 | 136,476 | 11,2 | 33,2 |
| Acauã | 253,14 | 1,000 | 23,588 | 172,151 | 9,3 | 68,0 |
| **Total** | **811,10** | **2,585** | **103,668** | **380,968** | **--** | **--** |
| **Média** | **162,2** | **0,517** | **20,7** | **76,2** | **19,1** | **52,4** |

Este fato é decorrente de grandes volumes mantidos nos reservatórios em virtude das incertezas quanto aos afluxos hídricos futuros aos reservatórios. A título de investigação foi realizada uma simulação do sistema na situação de retirada máximas dos reservatórios, aquelas correspondentes as vazão máximas regularizáveis. O resultado apresentados na Tabela 10 mostraram resultados importantes *atribuídos a melhor operação dos reservatórios*: ganho médio de vazão regularizável de 0,152 $m^3/s$, redução média das perdas por evaporação de 0,6 $hm^3$/ano, redução média das perdas por vertimento de 50,7 $hm^3$/ano e redução percentual de 26% das perdas totais, passando de 71,5% para 53% das capacidades dos reservatórios.

**Tabela 10 -** Perdas hídricas dos reservatórios: situação de operação para retiradas máximas

| Reservatórios | Cap. máx ($hm^3$) | QReg ($m^3/s$) | Perdas ($hm^3$/ano) | | Perdas (%) da capacidade | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Evap. | Vert. | Evap | Vert |
| Poções | 29,86 | 0,031 | 9,864 | 18,624 | 33,0 | 62,4 |
| Camalaú | 46,44 | 0,060 | 9,612 | 24,120 | 20,7 | 51,9 |
| Cordeiro | 69,97 | 0,250 | 13,440 | 26,657 | 19,2 | 38,1 |
| Ep. Pessoa | 411,69 | 1,400 | 45,552 | 20,056 | 11,1 | 4,9 |
| Acauã | 253,14 | 1,600 | 21,840 | 38,090 | 8,6 | 15,0 |
| **Total** | **811,10** | **3,341** | **100,308** | **127,548** | **--** | **--** |
| **Média** | **162,2** | **0,669** | **20,1** | **25,5** | **18,5** | **34,5** |

### Cenários com a transposição

Várias simulações foram realizadas da capacidade dos reservatórios considerando o aporte da vazão do Eixo Leste do PISF (cenários C2 a C6) e comparadas o cenário hídrico atual do sistema, sem o aporte da transposição (C1). Os resultados estão apresentados na Tabela 11.

Os resultados mostraram que o maior ganho de vazão regularizada do sistema foi obtido na simulação do Cenário C6, ganho de 4,17 $m^3/s$ em relação ao cenário sem transposição. Entretanto, para o reservatório Acauã observou-se um maior ganho de vazão regularizada de 6,20 $m^3/s$ no cenário C5. Este fato é decorrente da maior transferência de água do reservatório Epitácio Pessoa para o reservatório Acauã, 8,43 $m^3/s$, correspondente ao volume médio mensal de 21,858 $hm^3$ (Tabela 12)

**Tabela 11 -** Vazões máximas disponíveis e respectivas perdas hídricas

| Cenários | Vazão Transposição | Vazão máxima disponível | Ganho de vazão (c/ relação ao C1) | Vazão máxima Acauã | Vol. médio de evaporação |
|---|---|---|---|---|---|
| | ($m^3/s$) | ($m^3/s$) | ($m^3/s$) | ($m^3/s$) | ($hm^3$/mês) |
| C1 | --- | 3,34 | --- | 1.60 | 9,539 |
| C2 | 4,2 | 7,25 | 3,91 | 4,72 | 5,797 |
| C3 | 2,8 | 5,92 | 2,58 | 5,10 | 5,791 |
| C4 | 1,4 | 4,72 | 1,38 | 3,90 | 5,842 |
| C5 | 4,1* | 7,02 | 3,68 | 6,20 | 5,934 |
| C6 | 4,9* | 7,51 | 4,17 | 5,55 | 5,648 |

(*) – Vazão média no leito do rio.

**Tabela 12 –** Vazões afluentes ao reservatório Epitácio Pessoa e volumes transferidos para Acauã

| Cenários | Afluxos hídricos para o reservatório Epitácio Pessoa | | | | Transferência hídrica do reservatório | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tributário Paraíba | | Tributário Taperoá | | Epitácio Pessoa para Acauã | |
| | ($m^3/s$) | (%) | ($m^3/s$) | (%) | Vazão ($m^3/s$) | Vol. med. mensal($hm^3$) |
| C1 | 3,275 | 79 | 0,904 | 21 | 3,38 | 8,761 |
| C2 | 7,340 | 89 | 0,904 | 11 | 6,55 | 16,972 |
| C3 | 5,980 | 87 | 0,904 | 13 | 6,69 | 17,330 |
| C4 | 4,650 | 84 | 0,904 | 16 | 5,15 | 13,338 |
| C5 | 7,260 | 89 | 0,904 | 11 | 8,43 | 21,858 |
| C6 | 8,060 | 90 | 0,904 | 10 | 7,92 | 20,520 |

Os resultados das simulações dos cenários com a transposição mostraram que houve uma redução média das perdas por evaporação da ordem de 3,74 $hm^3$/mês, que representa uma redução de 40% em relação ao cenário sem a transposição. Este fato está associado ao maior aproveitamento hídrico dos reservatórios decorrente da operação dos mesmos para volumes mínimos operacionais, somente viável em função da garantia ao abastecimento humano trazida pelo aporte hídrico do Eixo leste/PISF. A figura 6 mostra os percentuais dos volumes nos reservatórios Poções, Camalaú e Cordeiro operados no cenário sem a transposição (C1) e com o aporte da vazão do PISF.

Outra análise feita neste estudo refere-se à quantificação das perdas hídricas decorrentes do deslocamento da água no rio Paraíba (perda em trânsito), para os cenários com a transposição. Neste aspecto, os resultados das simulações apresentados na Tabela 13 mostram que a perda média de água no leito do rio foi de 14,1 l/s.km, algo em torno de 35% da vazão aduzida pelo PISF para a Bacia do Rio Paraíba. Na referida tabela observa-se ainda que o valor médio desta perda foi maior entre os reservatórios Epitácio Pessoa e Acauã do que no trecho a montante do Epitácio Pessoa, cuja uma extensão é maior. Este fato se deve ao tipo de subsolo observado na sub-bacia do Alto e do Médio Paraíba, onde há uma mudança do embasamento *cristalino* para *sedimentar* e também, devido aos valores elevados das vazões transferidas do reservatório Epitácio Pessoa para o reservatório Acauã, com objetivo de suprir a demanda de 10 $m^3$/s requerida pelo *Canal da Integração*.

**Figura 6 -** Comportamento nos reservatórios: com e sem a transposição

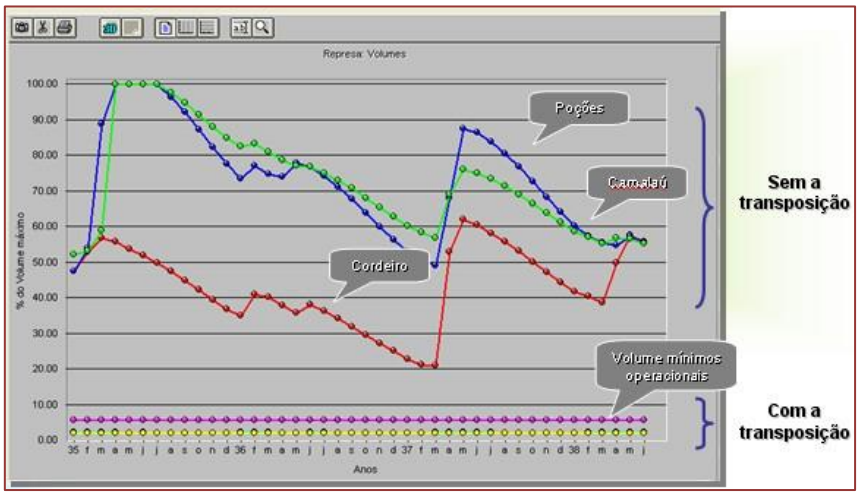



**Tabela 13 -** Perdas de água em trânsito para os cenários com a transposição

| Cenário | Montate do Epitácio Pessoa | | | Epitácio Peessoa - Acauã | | | Perdas (hm3/mês) | Perdas hídricas do sistema | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Km | (hm3/mês) | (%) | Km | (hm3/mês) | (%) | | (%) | (% /km) | (l/s.km) |
| C2 | | 2,623 | 12,2 | | 5,072 | 23,0 | 7,695 | 35,2 | 0,17 | 14,6 |
| C3 | | 2,559 | 14,5 | | 5,051 | 22,6 | 7,610 | 37,1 | 0,18 | 14,5 |
| C4 | 113 | 2,541 | 17,8 | 90 | 5,583 | 29,5 | 8,124 | 47,3 | 0,23 | 15,4 |
| C5 | | 2,591 | 12,2 | | 4,326 | 16,5 | 6,917 | 28,7 | 0,14 | 13,1 |
| C6 | | 2,473 | 11,6 | | 4,366 | 16,7 | 6,839 | 28,3 | 0,14 | 13,0 |
| **Média** | | **2,579** | **13,7** | | **5,008** | **21,7** | **7,587** | **35,3** | **0,17** | **14,1** |

## Vazões alocadas e custo unitário de adução de água bruta



Também foram objetos de análises deste estudo, os custos referentes às perdas hídricas em trânsito e das vazões incrementais ao sistema, nos cenários e situações de alocação de água do Eixo Leste/PISF para o sistema do rio Paraíba. Na Tabela 14 mostra os resultados de ganhos de vazão regularizada e perdas hídricas em trânsito para o sistema Paraíba e para o reservatório Acauã.

**Tabela 14 -** Ganho de vazão regularizada e perdas hídricas do sistema e do reservatório Acauã

| Cenários | Reservatórios do Sistema do Rio Paraíba* | | | Reservatório Acauã | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vazão média PISF ($m^3/s$) | Perdas médias em trânsito ($m^3/s$) | Vazão máxima Regularizada ($m^3/s$) | Perdas médias em trânsito ($m^3/s$) | Vazão max. disponível** ($m^3/s$) |
| C1 | --- | -- | 3.34 | -- | 1.60 |
| C2 | 4.2 | 2.98 | 7.25 | 1.97 | 4.72 |
| C3 | 2.8 | 2.95 | 5.92 | 1.95 | 5.10 |
| C4 | 1.4 | 3.38 | 4.72 | 2.40 | 3.90 |
| C5 | 4.1 | 2.66 | 7.02 | 1.67 | 6.20 |
| C6 | 4.9 | 3.74 | 7.51 | 2.78 | 5.55 |

(*) – Demandas totais (abastecimento e irrigação) supridas pelos reservatórios.
(**) – Vazões máximas disponíveis para atendimento as demandas de jusante, inclusive do Canal da Integração.

Os valores custos associados ao ganho de vazão e perdas hídricas foram obtidos com base nos valores apresentados na Tabela 14 e nas tarifas estabelecidas pela Nota Técnica Nº 390/2005/SOC (ANA, 2005): R$ 0,147/$m^3$ (horizonte 2010) e R$ 0,207/$m^3$ (horizonte 2025), considerando bombeamento diário de 20 horas. Os resultados estão mostrados na Tabela 15.

**Tabela 15 -** Custos das perdas hídricas do sistema para os cenários com transposição

| Cenários | Qmed ($m^3/s$) | Vol. Med. mensal * ($hm^3$/mês) | Perda em trânsito (%) | Vol. Med. de perda ($hm^3$/mês) | Custo mensal das perdas (1000 R$) | | Diferença em relação ao C2 (1000 R$/mês) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 2010 | 2025 | 2010 | 2025 |
| C2 | 4.2 | 9.072 | 35 | 3.175 | 476,28 | 666,79 | --- | --- |
| C3 | 2.8 | 6.048 | 37 | 2.238 | 335,66 | 469,92 | 140,62 | 196,86 |
| C4 | 1.4 | 3.024 | 47 | 1.421 | 213,19 | 298,47 | 263,09 | 368,32 |
| C5 | 4.1 | 8.856 | 29 | 2.568 | 385,24 | 539,33 | 91,04 | 127,46 |
| C6 | 4.9 | 10.584 | 29 | 3.069 | 460,40 | 644,57 | 15,88 | 22,23 |

Os resultados apresentados na Tabela 15 mostraram que o maior custo associado as perdas hídrica foi no Cenário C2, ou seja, com a adução da vazão fixa (4,2 $m^3/s$) via leito do rio Paraíba, proposta do estudo do PISF. A melhor proposta de alocação de água foi obtida no Cenário C4, com o menor custo associado às perdas hídricas. Neste cenário propõe a adução da vazão de 2,8 $m^3/s$ via sistema adutor e de 1,4 $m^3/s$ via leito do rio Paraíba. Os custos mensais das perdas seriam de R$ 213.190,00 no horizonte de 2010 e de R$ 298.470,00 no horizonte de 2025.

A proposta idealizada pela AESA para a integração da vazão do Eixo Leste do PISF com as bacias beneficiadas na Paraíba seria: alocar 2,0 $m^3/s$ via sistema adutor, destinada exclusivamente para o abastecimento humano e, a vazão excedente variando de 2,20 $m^3/s$ ($Q_{mínima}$) a 7,61 $m^3/s$ ($Q_{máxima}$), dependendo do nível do reservatório de Sobradinho, seria transportada pelo leito do rio Paraíba (cenário 6). Os custos relativos à adução de água bruta foram estimados considerando os ganhos de vazão regularizada para o sistema Paraíba (até o reservatório Epitácio Pessoa) e para o reservatório Acauã. Os resultados apresentados na Tabela 16 mostraram que os custos anuais por vazão unitária regularizada incremental foi superior para o reservatório Acauã do que para o sistema Paraíba. Neste reservatório os valores variaram entre R$ 6,50 milhões (em 2010) e R$ 6,86 milhões (em 2025) para cada $m^3/s$ regularizada a mais. Este custo é importante par os estudos de viabilidade econômica e financeira do *Canal da Integração*.

**Tabela 16 -** Análises de custos versus ganhos de vazão regularizada do sistema

| Ganho de Vazão Regularizada ($m^3/s$) | | Custo anual da tarifa de água* (milhões R$) | | Custo anual / Ganho de Qreg (milhões R$ / $m^3/s$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema Paraíba | Reservatório Acauã | Horizontes | | Sistema PB | | Reservatório Acauã | |
| | | 2010 | 2025 | 2010 | 2025 | 2010 | 2025 |
| **4,17** | **3,95** | **19,36** | **27,11** | **4,64** | **6,50** | **4,90** | **6,86** |

Neste cenário, o sistema estudado foi simulado visando obter a melhor situação para a alocação de água do reservatório Acauã para suprimento das demandas hídricas, considerando a vazão de 10 $m^3/s$ prevista para o *Canal da Integração*. Pelos resultados obtidos (Tabela 17) ficou evidenciado que o reservatório não atendeu a referida demanda do canal. Entretanto, na melhor situação de alocação das disponibilidades hídricos, considerando o consumo unitário de 0,45 l/s.ha (PISF) e ainda o ciclo vegetativo da *cana-de-açúcar* (principal cultivo da região litorânea do Estado) de cinco meses, com a irrigação no período de outubro a fevereiro, é possível irrigar de *12.200 hectares*. A vazão média alocada de 7,5 $m^3/s$ para a demanda de irrigação o período considerado foi superior a demanda estabelecida pelo PERH/PB, de 5,71 $m^3/s$ para as bacias hidrográficas do *Baixo Paraíba, Miriri, Maranguape e Camaratuba*, principais regiões de cultivo desta lavoura. Para o período restante (março a setembro), a vazão alocada pelo reservatório seria de 2,0 $m^3/s$.

**Tabela 17 –** Demandas e disponibilidades hídricas do reservatório Acauã

| Demandas Hídricas | Valores médias mensais ($m^3/s$) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set |
| Abastecimento | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Perenização | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Canal da integração | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| **Total** | **8,5** | **8,5** | **8,5** | **8,5** | **8,5** | **3,0** | **3,0** | **3,0** | **3,0** | **3,0** | **3,0** | **3,0** |

A Tabela 18 mostra os custos totais anuais relativos à adução de água bruto do Eixo Leste do PISF para a bacia do rio Paraíba para os horizontes de 2010 e 2025. Os custos com a vazão fixa são maiores nos dois horizontes por ser bambeado durante os 12 meses e, no caso da vazão variável, esta foi considerada na simulação com bombeamento durante o período de junho a novembro, que corresponde aos meses sem com menor afluência hídrica aos reservatórios.

**Tabela 18 -** Custos totais anuais relativos à adução de água bruta: Eixo Leste/PISF

| Vazão aduzida - Eixo Leste/PISF | | Custo anual de adução de água bruta (milhões R$) | |
|---|---|---|---|
| Tipo | ($m^3/s$) | Ano 2010 | Ano 2025 |
| Fixa | 4,20 | 16,556 | 23,179 |
| Variável | 5,41 | 10,692 | 14,969 |
| **TOTAL** | **9,61** | **27,248** | **38,148** |

## 7. CONCLUSÕES

Os principais resultados obtidos pelo estudo para os cenários com e sem a transposição da vazão do eixo Leste/PISF estão descritos a seguir.

No cenário *sem a transposição*

- O sistema de reservatórios da bacia do rio Paraíba atendeu as demandas de abastecimento e, somente o reservatório Epitácio Pessoa apresentou capacidade de suprir as demandas atuais de abastecimento e de irrigação com garantias estabelecidas pelo estudo;
- A forma com estão sendo operados atualmente os reservatórios, o sistema perde anualmente, em média, 71,5% das capacidades dos reservatórios por *evaporação e vertimentos*. Na otimização da alocação das disponibilidades hídricas dos reservatórios, houve uma redução de 26% das perdas.

No cenário *com a transposição*

- Os resultados mostraram que o maior ganho de vazão regularizada do sistema foi obtido na simulação do Cenário C6, ganho de 4,17 $m^3/s$ em relação ao cenário sem transposição. Entretanto, para o reservatório Acauã observou-se um maior ganho de vazão regularizada de 6,20 $m^3/s$ no cenário C5;
- Os resultados das simulações dos cenários com a transposição mostraram que houve uma redução média das perdas por evaporação da ordem de 40% em relação ao cenário sem a transposição;
- Os resultados que o maior custo associado às perdas hídricas foi observado com a adução da vazão fixa (4,2 $m^3/s$) via leito do rio Paraíba;
- Em todos os cenários estudados ficou evidenciado que o reservatório Acauã não atendeu a demanda de 10 $m^3/s$ prevista para o *Canal da Integração*; e
- Os custos totais anuais relativos à adução de água bruto do Eixo Leste do PISF para a bacia do rio Paraíba foram de R$ 27,248 e R$ 38,148 milhões, para os horizontes de 2010 e 2025, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

[1] ANA, 2005a. Resolução Nº 29/2005.

[2] ANA, 2005b. Nota Técnica Nº 390/2005/SOC.

[3] LABADIE, J. W. et al. (1989). MODSIM: Modelo de Rede de Fluxo para Simulação de Bacias Hidrográficas. São Paulo, LabSid – EP-USP, São Paulo-SP

[4] SECTMA – Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente (2006). Plano Estadual de Recursos Hídricos. João Pessoa –PB.

# Capítulo 13

## *Influência do padrão espacial da cobertura florestal na qualidade de água em bacias agrícolas*

*Kaline de Mello*
*Ricardo Hideo Taniwaki*

Resumo: A gestão das bacias hidrográficas é essencial para garantir a proteção dos recursos hídricos, equilibrando as atividades humanas e a conservação dos habitats naturais. No entanto, muitas questões sobre a relação entre conservação florestal e qualidade da água devem ser consideradas para o melhor planejamento da conservação e restauração florestal na bacia, por exemplo a influência da floresta nas zonas ripárias e em outras porções da bacia. Assim, esse capítulo de livro mostra as relações do padrão espacial da cobertura florestal na qualidade da água em bacias hidrográficas agrícolas no Brasil, e as implicações para o manejo de bacias hidrográficas e políticas públicas. Apresentamos aqui as definições de zona ripária e microbacia, e as relações entre cobertura florestal e qualidade da água nas duas escalas espaciais. Além disso, abordamos a influência da configuração florestal na qualidade da água nas bacias hidrográficas agrícolas. Essas informações são cruciais para a definição das melhores estratégias de conservação florestal nas bacias hidrográficas, de forma a beneficiar tanto as espécies aquáticas como a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, como o fornecimento de água potável para as populações humanas.

Palavras-chave: Zona ripária; microbacia; recursos hídricos; conservação florestal.

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais desempenham um papel crucial na produção e manutenção de recursos naturais e no controle de processos físicos, químicos e biológicos em todo o mundo, gerando benefícios para os seres humanos, os chamados serviços ecossistêmicos. Dentre esses serviços, podemos destacar a produção de alimentos, combustíveis, fibras, regulação do clima, controle natural de pragas, polinização e fornecimento de água potável. A água, em particular, é um recurso natural imperativo à vida, aos ciclos naturais dos organismos, à produção de alimentos e às atividades econômicas. Esse recurso, no entanto, está cada vez mais escasso devido a pressões antrópicas relacionadas à crescente demanda associada ao crescimento populacional, ao aumento da urbanização e ao rápido desenvolvimento das atividades econômicas e agrícolas (Abbott et al., 2019; Best, 2019).

Além do aumento da demanda por água, enfrentamos a intensificação da degradação dos ecossistemas naturais que impactam os serviços ecossistêmicos relacionados à água, diminuindo a provisão de água com qualidade e quantidade. A diminuição da qualidade da água tornou-se uma preocupação global à medida que as atividades industriais e agrícolas se expandem e as mudanças climáticas ameaçam causar sérias alterações nos ciclos hidrológicos (Abbott et al., 2019). Muitas áreas em todo o mundo estão enfrentando problemas com a falta de água potável devido à poluição dos corpos d'água proveniente do escoamento agrícola, esgoto doméstico, efluentes industriais e insumos atmosféricos da queima de combustíveis fósseis e incêndios florestais (Kummerer et al. 2018).

A composição do uso e cobertura da terra tem forte influência na qualidade da água nas bacias hidrográficas, onde diferentes usos representam vários graus de risco para os recursos hídricos (Mello et al., 2020). O ciclo hidrológico e o comportamento da água refletem o uso da terra, a cobertura e condições físicas das bacias, onde o escoamento superficial é uma das principais fontes de poluição difusa e é o principal responsável pela relação entre uso e cobertura da terra e qualidade da água em áreas agrícolas e florestais. A conversão de áreas florestais para outros usos tem sido associada à deterioração da qualidade da água. A combinação de áreas declivosas com solo exposto e fertilização, por exemplo, podem gerar grande aporte de sedimentos e poluentes para o curso de água. No entanto, a poluição hídrica de fonte difusa é de difícil controle, uma vez que não é causada por uma atividade facilmente identificada e regulamentada e pode ter como fonte áreas extensas.

As atividades agropecuárias são essenciais para o fornecimento de alimentos à população, alimentação de animais e biocombustível, porém, é um dos principais fatores de desmatamento, principalmente em regiões tropicais. O Brasil registrou nos últimos anos a maior perda líquida anual de área florestal do mundo devido à expansão agrícola (Global Forest Watch, 2020). O desmatamento para expansão da área de pastagem ou cultivo e práticas agrícolas inadequadas geram impactos diretos e indiretos na qualidade da água de rios e riachos. No entanto, esses impactos podem variar de acordo com o clima, as características hidrológicas, a região e os aspectos físicos da bacia. Estudos mais atuais também mostram que esses impactos podem variar de acordo com o padrão espacial do uso e cobertura da terra na bacia, ou seja, como as áreas agrícolas e florestais estão configuradas na paisagem (Paula et al., 2018; Xu et al., 2020; Mello et al., 2022).

Nesse contexto, a gestão das bacias hidrográficas é essencial para garantir a proteção dos recursos hídricos, equilibrando as atividades humanas e a conservação dos habitats naturais, por meio da manutenção das áreas florestais nas bacias hidrográficas e da adoção de boas práticas agrícolas. No entanto, muitas questões sobre a relação entre conservação florestal e qualidade da água devem ser consideradas para o melhor planejamento da conservação e restauração florestal na bacia. Por exemplo, se apenas a conservação da área ripária é suficiente, qual a configuração dos fragmentos florestais melhor contribui para a qualidade da água, etc. Assim, esse capítulo de livro mostra as relações do padrão espacial da cobertura florestal na qualidade da água em bacias hidrográficas agrícolas no Brasil, e as implicações para o manejo de bacias hidrográficas e políticas públicas.

## 2. ZONA RIPÁRIA

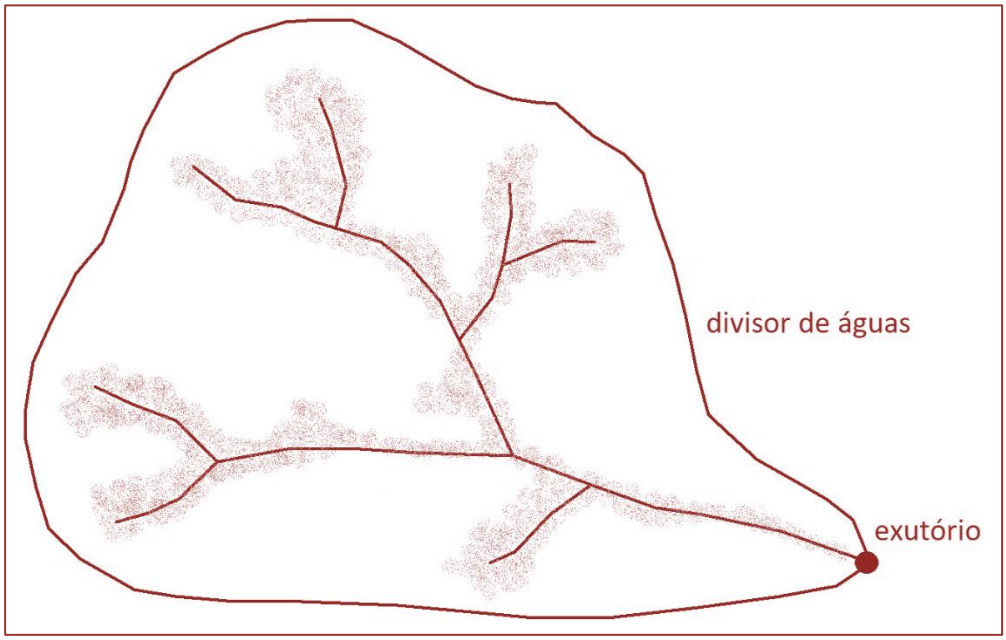
As zonas ripárias são áreas de extrema importância para os recursos hídricos no mundo todo. Embora representem uma pequena porcentagem da bacia hidrográfica, elas desempenham um papel essencial nos processos hidrológicos e biológicos da bacia, envolvendo as trocas de matéria e energia entre os ecossistemas terrestre e aquático (Brooks et al., 2003). Essas áreas são responsáveis pela transferência de nutrientes e sedimento entre os dois ecossistemas, mantendo os ciclos biogeoquímicos necessários para

biota aquática e para a qualidade da água usada pelas populações humanas (Kuglerová et al., 2014; Ou et al., 2016).

Na microbacia, as zonas ripárias, que incluem a mata ciliar ou outros tipos de vegetação nativa, e o conjunto das interações ripárias, caracterizam-se como habitats extremamente dinâmicos, biodiversos e complexos (Lima e Zakia, 2006). Os limites da zona ripária estendem-se lateralmente até o alcance máximo das áreas saturadas da microbacia, incluindo o processo natural de expansão de suas cabeceiras de drenagem durante períodos chuvosos e que contribui diretamente para o escoamento superficial, as chamadas Áreas Variáveis de Afluência (AVA) ou Áreas Hidrologicamente Sensíveis, ou ainda Áreas de Fonte Variável (Walter et al., 2000; Brooks et al., 2003; Lima e Zakia, 2006 – Figura 1). Assim, a zona ripária é normalmente associada à presença de vegetação que requer uma grande quantidade de água disponível (Brooks et al., 2003).

A definição técnica da zona ripária muitas vezes é feita pelas agências de regulação desses ecossistemas, geralmente ligadas à proteção dos recursos hídricos (Brooks et al., 2003). Essas definições, portanto, podem variar dependendo da agência. No Brasil, as zonas ripárias protegidas por lei são definidas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa Brasileira como Áreas de Preservação Permanente (APP) (Brasil, 2012). Segundo a lei, APP é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

**Figura 1:** Bacia hidrográfica e as zonas ripárias identificadas pelas Áreas Variáveis de Afluência.




Adaptado de Lima e Zakia (2006) e Brooks et al. (2003).

## 2.1. VEGETAÇÃO RIPÁRIA E QUALIDADE DA ÁGUA

As matas ciliares ou vegetação ripária tem grande influência na remoção de nitrogênio, fósforo, redução da carga de pesticidas e sedimentos (Krutz et al., 2005; Oliveira et al., 2010; Batson et al., 2012; Saalfeld et al., 2012; Randhir e Ekness, 2013), além de gerar sombreamento e fornecer alimento para o ecossistema aquático. Substituir a vegetação ripária natural por outros usos da terra leva à degradação da qualidade da água porque essa cobertura vegetal é essencial para fornecer sombra e minimizar os efeitos da poluição difusa, funcionando como um filtro para o ambiente aquático e como estabilizador da margem do rio (Maillard e Santos, 2008; Shen et al., 2015). A vegetação ripária fornece proteção contra erosão, retém poluentes e descarga excessiva de nutrientes e garante a manutenção do microclima ripário, fornecendo sombreamento. Na Mata Atlântica, a conversão de matas ciliares em pastagens ou terras agrícolas resultou em impactos negativos nos córregos que incluem redução da qualidade da água (Fernandes et al., 2014;

Paula et al., 2018; Mello et al., 2018a), estrutura do habitat (Paula et al., 2011) e processos funcionais (Tanaka et al., 2016a). Abaixo um detalhamento dos principais impactos da retirada da vegetação ripária na qualidade da água observados em estudos no Brasil.

**Temperatura:** Em córregos amazônicos, a remoção de matas ciliares locais reduziu o sombreamento dos córregos, levando ao aumento da temperatura e produção primária, mas também afetando as concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido (Leal et al., 2016; Ilha et al., 2018; Paula et al., 2021). O aumento da temperatura pode desregular diversos processos biogeoquímicos e biológicos nos ambientes aquáticos, podendo levar a maior emissão de gases de efeito estufa nesses ambientes, além de alterar o metabolismo de bactérias, insetos, peixes, entre outros organismos aquáticos. Isso pode ser ainda mais prejudicial se somarmos ao aumento da temperatura causado pelas mudanças climáticas.

**Erosão:** A remoção de árvores causa erosão nas margens porque a ausência de raízes desestabiliza as margens dos córregos (Allmendinger et al., 2005; Paula et al., 2021); a erosão resultante aumenta os sedimentos em suspensão na água e leva a uma maior turbidez e sedimentação do leito do rio. A sedimentação pode reduzir a quantidade e qualidade de hábitats no interior dos ambientes aquáticos, como por exemplo, reduzir espaços entre rochas e vegetação, que servem como abrigos e refúgios para insetos aquáticos e peixes. Além disso, o aumento na sedimentação em reservatórios reduz a capacidade de armazenamento de água do mesmo, reduzindo assim o seu tempo de vida útil.

**Escoamento superficial de sedimentos, nutrientes e demais poluentes:** A ausência ou redução de matas ciliares aumenta a carga de nutrientes, defensivos agrícolas e sedimentos para os córregos das áreas desmatadas (de Souza et al., 2013; Tanaka et al., 2016a). de Souza et al. (2013) mostraram que a redução da cobertura florestal ciliar resulta em aumento das concentrações de amônio devido às baixas taxas de nitrificação e escoamento de amônio de fontes agrícolas. O aumento de nutrientes nos ambientes aquáticos pode levar ao processo de eutrofização artificial, ocasionando o aumento exacerbado de algas e cianobactérias, nas quais podem produzir componentes tóxicos e, desta forma, reduzir a qualidade da água. Além disso, são encontrados diversos defensivos agrícolas em ambientes aquáticos, provavelmente pelo escape dessas substâncias de áreas agrícolas através do escoamento superficial na qual a vegetação riparia não foi capaz de reter.

## 2.2. LARGURA DA ZONA RIPÁRIA

A zona ripária, como apresentado anteriormente, não apresenta limites simétricos e regulares ao longo dos cursos d'água como simplificado pelas agências reguladoras e normas legais para proteção desses ecossistemas, como é o caso do Brasil onde a faixa de proteção é estabelecida pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil, 2012). Porém, é compreensível que para a gestão do território, há a necessidade de se estabelecer regras e parâmetros para a definição técnica dessas áreas, considerando que se trata de uma política de comando e controle.

Para a maioria dos rios e riachos brasileiros (até 10m de largura), a faixa de proteção é de 30m segundo o artigo 4º. da lei, aumentando a faixa para rios mais largos. Entretanto, essa é uma definição técnica para fins de aplicação da lei, não necessariamente correspondendo à área necessária para garantir os ciclos hidrológicos e biológicos da zona ripária e os serviços ecossistêmicos prestados por ela. Estudos mostraram que a largura ciliar mínima exigida por lei no Brasil (~30m) não é suficiente para minimizar o impacto das atividades agrícolas na qualidade da água (Mello et al., 2018a; Valera et al., 2019).

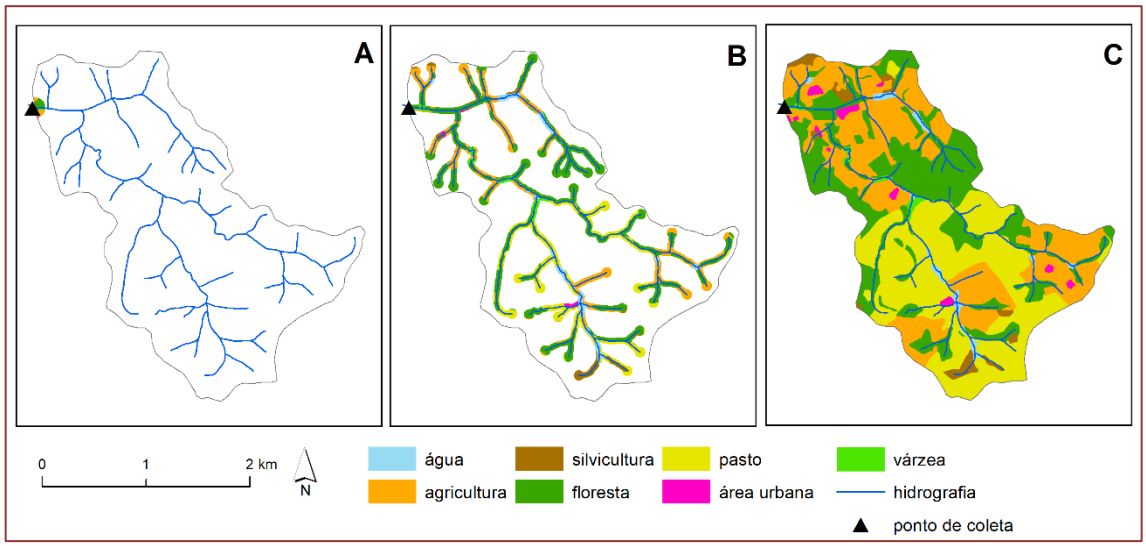
Em 2012 com a alteração a substituição do Código Florestal pela nova lei de Proteção da Vegetação Nativa, com a inclusão do artigo 61, as APPs podem ser reduzidas até 5m em propriedades pequenas. Guidotti et al. (2020) mostraram que essas alterações na lei podem ter impactos significativos no controle da dinâmica da erosão do solo em zonas ripárias. Os resultados mostram que uma APP menor que 8m pode atual como fonte de sedimentos para os rios, e não como uma zona tampão. Por outro lado, estudos mostram que a restauração de APP integral de 30m pode contribuir com a redução de até 20% do escoamento de nutrientes e sedimentos em áreas de Mata Atlântica (Mello et al., 2017; Guidotti et al., 2020). Assim, embora a nova lei permita que algumas propriedades rurais deixem de restaurar a vegetação nativa de zonas ripárias importantes, é necessário que haja políticas públicas de incentivo para que essas áreas sejam restauradas pensando na proteção dos recursos hídricos importantes para o abastecimento da população e para o consumo do próprio proprietário da terra. Na Mata Atlântica por exemplo, onde concentra os grandes centros urbanos que dependem do fornecimento de água em abundância, apenas 10% dos principais rios apresentam boa qualidade (SOS Mata Atlântica, 2021). Portanto, a proteção desses ecossistemas ripários se torna fundamental.

A largura ótima da zona ripária pode ser variável para diferentes intensidades de uso da terra (Mello et al., 2017). Em Victoria, Austrália, as recomendações de largura mínima para zonas ripárias foram estabelecidas para diferentes níveis de intensidade de uso da terra (Hanser et al., 2010). Para baixa intensidade, a recomendação para melhorar a qualidade da água é de 30m, e para alta intensidade de uso da terra, a recomendação é de 60m. Ou seja, a largura da zona ripária depende dos usos e da intensidade dos usos na bacia e de outros fatores, como a inclinação do terreno e o tipo de vegetação de cada bioma. Guidotti et al. (2020) evidenciou que a adoção de boas práticas de manejo agrícola pode contribuir para o controle da erosão do solo dentro das APPs, mas a presença de florestas nativas nos primeiros 15 m é necessária para garantir proteção equivalente aos riachos quando comparados às APPs totalmente cobertas por florestas. Portanto, não podemos esperar que uma faixa de vegetação nativa ao redor dos rios e riachos seja capaz de mitigar todos os impactos realizados nas bacias hidrográficas.

## 3. MICROBACIA

A influência da floresta na qualidade da água também precisa ser considerada além da zona ripária. Estudos mostraram que a presença de vegetação na escala da microbacia é muitas vezes um melhor preditor da qualidade da água do que apenas a vegetação ripária (Tanaka et al., 2016b; Mello et al., 2018a – Figura 2). Este fato ocorre principalmente porque a vegetação além das zonas ripárias pode contribuir com o aumento da infiltração da água nos eventos de chuva, reduzindo assim a velocidade do escoamento superficial, além de aumentar a umidade do solo através da quantidade de matéria orgânica, na qual ajuda na retenção da água.

**Figura 2:** Uso e cobertura da terra na zona ripária local (A); zona ripária na rede de drenagem (B) e microbacia (C)



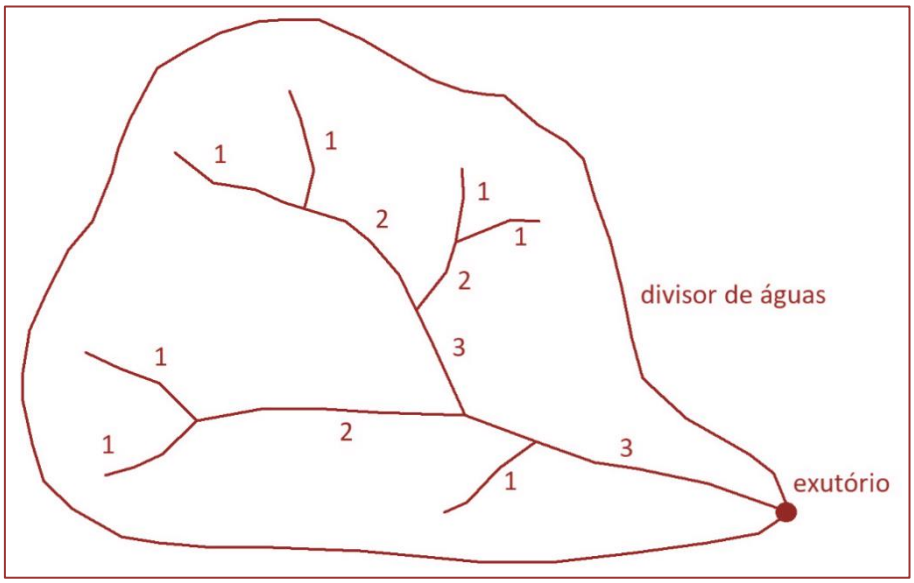

Adaptado de Mello et al. 2020.

A bacia hidrográfica é uma área topograficamente delineada por um sistema fluvial, ou seja, delimitada pelos divisores de água e drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. Assim, a bacia hidrográfica é toda a terra acima de um ponto (exutório) no rio ou riacho que drena para esse ponto (Brooks et al., 2003 – Figura 3). A bacia hidrográfica é uma unidade hidrológica mundialmente usada como uma unidade de gestão e planejamento dos recursos naturais. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

O ponto no curso de água para a definição da bacia hidrográfica, no entanto, pode estar localizado em qualquer altura do rio ou riacho, definindo pequenas ou grandes bacias. Segundo a teoria do rio contínuo (*River Continuum Concept*), o rio é um gradiente espacial fluvial, e as características estruturais e funcionais das comunidades aquáticas devem se ajustar a esse gradiente, estando condicionadas aos

padrões de entrada, transporte, utilização e armazenamento de matéria (Vannote et al., 1980). Segundo essa teoria, a posição do ponto em sua rede fluvial define a ordem do rio. Riachos de 1ª a 3ª ordem são considerados rios de cabeceira e são altamente dependentes das contribuições terrestres (Vannote et al., 1980). Os riachos de cabeceira são caracterizados por uma largura estreita e substratos grossos e são fortemente sombreados pela vegetação ciliar circundante, que fornece uma grande entrada de matéria orgânica na forma de serrapilheira (Doretto et al., 2020). Assim, as bacias hidrográficas formadas por esses rios de cabeceira (1ª a 3ª ordem) são comumente chamadas de microbacias (Figura 3).

**Figura 3:** Bacia hidrográfica e o sistema de ordem dos rios e riachos proposto por Horton (1945) e modificado por Strahler (1964)




Adaptado de Brooks et al. (2003).

### 3.1. RELAÇÃO DAS FLORESTAS COM A QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS

Parâmetros de qualidade da água associados ao escoamento (por exemplo: fósforo, nitrogênio, carbono orgânico, sedimentos finos e outros poluentes) de microbacias agrícolas têm sido relacionados ao uso e cobertura da terra em uma escala de microbacia na Mata Atlântica (Tanaka et al., 2016b; Mello et al.., 2018a; Gomes et al., 2019). A conversão de extensas áreas de vegetação nativa para monocultura no Brasil afetará processos de maior extensão espacial (bacias hidrográficas), como infiltração de água, escoamento superficial e erosão do solo (Hunke et al., 2015). O aumento do escoamento e a erosão na bacia resultam em materiais, nutrientes e sedimentos transportados para os córregos, que serão transportados a jusante e causarão impactos severos na qualidade da água e na biota aquática (Macedo et al., 2018).

Portanto, além da proteção das zonas ripárias, é necessário que o manejo da bacia hidrográfica considere a proteção de outras áreas de vegetação nativa importantes para a manutenção dos ciclos hidrológicos, biogeoquímicos e biológicos na bacia. Estudos apontam um limiar de 30% de vegetação nativa necessária na paisagem para manter os fluxos biológicos evitando perda na biodiversidade (Banks-Leite et al., 2014). Embora esses estudos na Mata Atlântica sejam para biodiversidade, acredita-se que também há um limiar para outros serviços ecossistêmicos, incluindo aqueles relacionados à água (Mello et al., 2018b).

Portanto, além das APPs, é importante que as microbacias no Brasil mantenham uma vegetação nativa necessária para manter a biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos, incluindo a provisão de água com qualidade. Sendo assim, as Reservas Legais também se fazem necessárias para garantir a provisão desses serviços (Metzger et al., 2019).

## 4. CONFIGURAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS

Além da composição LULC, configuração da floresta e o padrão de fragmentação afeta a qualidade da água em bacias agrícolas (Mori et al., 2015; Mello et al., 2018c; Paula et al., 2018). Quando florestas residuais são deixadas na paisagem, essas florestas podem estar distantes de córregos e áreas de recarga na bacia hidrográfica, ou ter baixa estrutura e complexidade florestal, reduzindo suas funções ecológicas de proteção de riachos e rios (Fernandes et al., 2014; Tanaka et al., 2016a; Mori et al., 2015; Paula et al., 2018). Além disso, os remanescentes florestais em bacias hidrográficas na Mata Atlântica são caracterizados por altos níveis de fragmentação (Ribeiro et al., 2009), o que compromete seus serviços ecossistêmicos, como regulação e purificação da água (Ferraz et al., 2014).

Em paisagens agrícolas no sudeste da Mata Atlântica, altas concentrações de nitrato foram encontradas em córregos cercados por mata ciliar, possivelmente causada pelo nível de fragmentação da mata ciliar (Mori et al., 2015). Na mesma região, córregos em bacias dominadas por cana-de-açúcar tiveram nitrato, condutividade e carbono dissolvido alterados por causa de cabeceiras desmatadas (Taniwaki et al., 2017). Mello et al. (2022) mostraram que para bacias de mesma composição de uso da terra e porcentagem de vegetação nativa, a maior fragmentação da vegetação alterou negativamente a qualidade da água em microbacias agrícolas.

Entretanto, os estudos da fragmentação florestal e configuração da floresta e seus impactos na qualidade da água ainda são insipientes e precisam ser aprofundados. Estudos são necessários para avaliar se existe um limiar de fragmentação para a degradação dos recursos hídricos em microbacias.

## 5. CONCLUSÕES

A crescente demanda por água potável exige estratégias de manutenção da qualidade da água em longo prazo, que envolvem uma visão holística do ecossistema e o entendimento dos processos na bacia hidrográfica que são uma mistura de fatores naturais e antrópicos. A conservação dos recursos hídricos depende da conservação de outros recursos naturais, em especial as florestas e demais formações de vegetação nativa. O equilíbrio entre conservação das florestas e expansão econômica é necessário para a sustentabilidade das atividades humanas e a sobrevivência das demais espécies que habitam o mesmo planeta. Para atingir esse objetivo, ciência e política precisam caminhar lado a lado, e pesquisas sobre as relações das florestas com a qualidade da água nas bacias hidrográficas no Brasil são necessárias para o melhor garantir a proteção dos recursos hídricos a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

[1] Abbott, B.W., Bishop, K., Zarnetske, J.P., Minaudo, C., Chapin II, F.S., Drause, S., Hannah, D.M., Conner, L., Ellison, D., Godsey, S.E., Plont, S., Marçais, J., Kolbe, T., Huebner, A., Frei, R.J., Hampton, T., Gu, S., Buhman, M., Sayedi, S.S., Ursache, O., Chapin, M., Henderson, K.D., Pinay, G., 2019. Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions. Nat. Geosci. 12, 533–540. https://doi.org/10.1038/s41561-019-0374-y.

[2] Allmendinger, N.E., Pizzuto, J.E., Potter, N.J., Johnson, T.E., Hession, W.C., 2005. The influence of riparian vegetation on stream width, eastern Pennsylvania, USA, 117. Bulletin of the Geological Society of America, pp. 229–243.

[3] Banks-Leite, C., et al., 2014. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. Science 345, 1041–1045.

[4] Batson, J.A. et al. Denitrification and a nitrogen bugget of created riparian wetlands. Journal of environmental quality, v. 41, n.6, p. 2024-2032, 2012.

[5] Brasil. Lei n. 12.651 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

[6] Brasil. Lei n. 9.433 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos hídricos.

[7] Best, J. (2019). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. Nature Geoscience, 12, 7–21. https://doi.org/10.1038/s41561-018-0262-x

[8] Brooks, K.N., Ffolliott, P.F., Gregersen, H.M., Debano, L.F., 2003. Hydrology and the Management of Watersheds. Blackwell Publishing, Ames.

[9] de Souza, A.L.T., Fonseca, D.G., Libório, R.A., Tanaka, M.O., 2013. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. For. Ecol. Manag. 298, 12–18. https://doi.org/10.5935/2447- 0228.20180027.

[10] Doretto, A.; Piano, E.; Larson, C.E. The river continuum concept: lessons from the past and perspectives for the future. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 77, n.11, 2020. https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0039

[11] Fernandes, J.F., Souza, A.L.T., Tanaka, M.O., 2014. Can the structure of a riparian forest remnant influence stream water quality? A tropical case study. Hydrobiologia 724, 175–185.

[12] Global Forest Watch, 06 03 2020. Accessed in. https://www.globalforestwatch.org/.

[13] Gomes, T.F., Broek, M.V., Govers, G., Silva, R.W.C., Moraes, J.M., Camargo, P.B., Mazzi, E.A., Martinelli, L.A., 2019. Runoff, soil loss, and sources of particulate organic carbon delivered to streams by sugarcane and riparian areas: an isotopic approach. Catena 181, 104083. https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104083.

[14] Guidotti, V., Ferraz, S.F. de B., Pinto, L.F.G., Sparovek, G., Taniwaki, R.H., Garcia, L.G., Brancalion, P.H.S., 2020. Changes in Brazil's Forest Code can erode the potential of riparian buffers to supply watershed services. Land Use Policy, 104511.

[15] Hanser, B., Reich, P., Lake, P.S., Cavagnaro, T., 2010. Minimum Width Requirementsfor Riparian Zones to Protect Flowing Waters and to Conserve Biodiversity: aReview and Recommendations. Monash University, Melbourne.

[16] Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull. 56: 275-370.

[17] Hunke, P., Mueller, E.N., Schroder, B., Zeilhofer, P., 2015. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. Ecohydrology 8, 1154–1180.

[18] Ilha, P., Schiesari, L., Yanagawa, F.I., Jankowski, K., Navas, C.A., 2018. Deforestation and stream warming affect body size of Amazonian fishes. PloS One 13 (5), e0196560.

[19] Kuglerová, L., Agren, A., Jansson, R., Laudon, H., 2014. Towards optimizing riparianbuffer zones: ecological and biogeochemical implications for forestmanagement. Forest Ecol. Manag. 334, 74–84.

[20] Kummerer, K.; Dionysiou, D.D.; Olsson, O.; Kassinos-Fatta, D. A path to clean water, 2018. Science, v. 361, n. 6399, p. 222-224. DOI: 10.1126/science.aau2405

[21] Krutz, L.J., Senseman, S.A., Zablotowicz, R.M., Matocha, M.A., 2005. Reducing herbicide runoff from agricultural fields with vegetative filter strips: a review. Weed Sci. 53 (3), 353–367.

[22] Leal, C.G., Pompeu, P.S., Gardner, T.A., Leit~ao, R.P., Hughes, R.M., Kaufmann, P.R., Zuanon, J., Paula, F.R., Ferraz, S.F.B., Thomson, J.R., Nally, R.M., Ferreira, J., Barlow, J., 2016. Multi-scale assessment of human-induced changes to Amazonian instream habitats. Landsc. Ecol. 31, 1725–1745. https://doi.org/10.1007/s10980- 016-0358-x.

[23] Lima, W.P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p.

[24] Lima, W.P.; Zakia, M.J.B. O papel do ecossistema ripário. In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs). As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: RIMA, 2006.

[25] Maillard, P., Santos, N.A.P., 2008. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed–Brazil. J. Environ. Manag. 6, 158–170. https://doi.org/10.1016/j. jenvman.2006.12.009

[26] Mello, K., Randhir, T.O., Valente, R.A., Vettorazzi, C.A., 2017. Riparian restoration for protecting water quality in tropical agricultural watersheds. Ecol. Eng. 108, 514–524.

[27] Mello, K., Taniwaki, R. H., de Paula, F. R., Valente, R. A., Randhir, T. O., Macedo, D. R., et al. (2020). Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. Journal of Environmental Management, 270, 110879. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879 - DOI

[28] Mello, K., Valente, R.A., Randhir, T.O., Santos, A.C.A., Vettorazzi, C.A., 2018a. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: watershed versus riparian zone. Catena 167, 130–138.

[29] Mello, K., Valente, R.A., Randhir, T.O., Vettorazzi, C.A., 2018b. Impacts of tropical forest cover on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil. Ecol. Indicat. 93, 1293–1301.

[30] Mello, K.; Valente, R.A.; Ribeiro, M.P.; Randhir, T. Effects of forest cover pattern on water quality of low-order streams in an agricultural landscape in the Pirapora river basin, Brazil. Environmental monitoring and assessment, v. 194, p. 189, 2022. DOI: 10.1007/s10661-022-09854-4

[31] Metzger, J.P., Bustamante, M.M., Ferreira, J., Fernandes, G.W., Libran-Embid, F., Pillar, V.D., Prist, P.R., Rodrigues, R.R., Vieira, I.C.G., Overbeck, G.E., 2019. Why Brazil needs its legal reserves. Perspectives in Ecology and Conservation 17, 91–103.

[32] Mori, G.B., Paula, F.R., Ferraz, S.F.B., Camargo, A.F.M., Martinelli, L.F., 2015. Influence of landscape properties on stream water quality in agricultural catchments in Southeastern Brazil. Int. J. Limnol. 51, 11–21.

[33] Oliveira, L.M., Mailard, P., Pinto, E.J.A., 2016. Modeling the effect of land use/land cover on nitrogen, phosphorus and dissolved oxygen loads in the Velhas River using the concept of exclusive contribution area. Environ. Monit. Assess. 188 (333), 1–19.

[34] Ou, Y., Wang, X., Wang, L., Rousseau, A.N., 2016. Landscape influences on waterquality in a riparian buffer zone of drinking water source area, Northern China.Environ. Earth Sci. 75 (114), 1–13.

[35] Paula, F.R., Ferraz, S.F.B., Gerhard, P., Vettorazzi, C.A., Ferreira, A., 2011. Large woody debris input and its influence on channel structure in agricultural lands of Southeast Brazil. Environ. Manag. 48, 750–763.

[36] Paula, F.R., Gerhard, P., Ferraz, S.F.B., Wenger, S.J., 2018. Multi-scale assessment of forest cover in an agricultural landscape of Southeastern Brazil: implications for management and conservation of stream habitat and water quality. Ecol. Indicat. 85, 1181–1191.

[37] Paula, F.R., Leal, C.G., Leitão, R.P., Ferraz, S.F.B., Pompeu, P.S., Zuanon, J.A.S., Hughes, R.M., 2021. The role of secondary riparian forests for conserving fish assemblages in eastern Amazon streams. Hydrobiologia, https://doi.org/10.1007/s10750-020-04507-4

[38] Randhir, T.O.; Ekness, P. Water quality change and habitat potential in riparian ecosystems. Ecohydrology and hydrobiology, vol. 13, n. 3, p. 192-200, 2013.

[39] Saalfeld, D.T.; Reutebuch, E.M.; Dikhey, R.J.; Seesock, W.C.; Webber, C.; Bayne, D.R. Effects of landscape characteristics on water quality and fish assemblages in the Tallapoosa River Basin, Alabama. Southeastern Naturalist, v. 11, n.2, 2012.

[40] Shen, Z., Hou, X., Li, W., Aini, G., Chen, L., Gong, Y., 2015. Impact of landscape pattern at multiple spatial scales on water quality: a case study in a typical urbanized watershed in China. Ecol. Indicat. 48, 417–427. https://doi.org/10.1016/j. ecolind.2014.08.019.

[41] SOS Mata Atlântica. Observando os Rios 2021: O retrato da qualidade da água nas bacias hidrográficas da Mata Atlântica. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021.

[42] Strahler, A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Handbook of applied hydrology, ed. V.T. Chow, Section 4.2. New York: McGraw-Hill.

[43] Tanaka, M.O., Fernandes, J.F., Suga, C.M., Hanai, F.Y., Souza, A.L.T., 2016a. Abrupt change of a stream ecosystem function along a sugarcane-forest transition: integrating riparian and in-stream characteristics. Agric. Ecosyst. Environ. 207, 171–177.

[44] Tanaka, M.O., Souza, A.L.T. de, Moschini, L.E., Oliveira, A.K. de, 2016b. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. Agric. Ecosyst. Environ. 216, 333–339. https:// doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.016.

[45] Taniwaki, R.H., Cassiano, C.C., Filoso, S., Ferraz, S.F.B., Camargo, P.B., Martinelli, L.A., 2017. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. Sci. Total Environ. 584–585, 339–347.

[46] Valera, C.A., Pissarra, T.C.T., Martins Filho, M.V., Valle Júnior, R.F., Pliveira, C.F., Moura, J.P., Fernandes, L.F.S., Pacheco, F.A.L., 2019. The buffer capacity of riparian vegetation to control water quality in anthropogenic catchments from a legally protected area: a critical view over the Brazilian New Forest Code. Water 11 (3), 549. https://doi.org/10.3390/w11030549.

[47] Vannote, R. L., Mishall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci, n. 37, p. 130-137, 1980.

[48] Walter, M.T.; Walter, M.F.; Brooks, E.S.; Steenhuis, T.S.; Boll, J.; Wwiler, K. Hydrologically sensitive areas: Variable source area hydrology implications for water quality risk assessment. Journal of Soil and Water Conservation, v. 55, n.3, p. 277-284, 2000.

[49] Xu, S., Li, S., Zhong, J., Li, Cai., 2020. Spatial scale effects of the variable relationships between landscape pattern and water quality: Example from an agricultural karst river basin, Southwestern China. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 300, p. 106999.

# Capítulo 14

## *Áreas suscetíveis a eventos de queimada no Pantanal Brasileiro*

*José Victor Orlandi Simões*
*Isadora Gurjon Gomes*
*Rogério Galante Negri*
*Adriano Bressane*
*Tatiana Sussel Gonçalves Mendes*

Resumo: O Pantanal é considerado Patrimônio Nacional da Humanidade e Reserva da Biosfera pela UNESCO por conta de sua ampla biodiversidade. Contudo, no ano de 2020 esse rico bioma perdeu 27% de sua área em função de queimadas severas ocorridas em seu território. Neste contexto, este estudo teve como objetivo realizar um mapeamento da suscetibilidade a queimadas em regiões do Pantanal inseridas no estado do Mato Grosso, mais afetadas pelos recentes eventos de fogo. Para tal, foram utilizados o índice ΔNBR, amplamente empregado para mapear eventos de incêndios, e o método de Razão de Frequência (FR), uma abordagem estatística para simulação de condições ambientais. Os dados foram obtidos pelo sensor Operational Land Imager (OLI) transportado pelo satélite Landsat-8, com resolução espacial de 30m, durante o ano de 2020. Mais especificamente, as imagens adquiridas correspondem a dois períodos: quente/úmido e frio/seco, correspondentes às datas de 16/01/2020 e 26/07/2020, respectivamente. Como resultado, a abordagem empregada permitiu identificar os locais mais suscetíveis a incêndios. Ainda, as evidências do estudo permitem concluir que o uso e cobertura do solo constituiu o fator de maior influência na ocorrência de eventos de queimadas.

Palavras-chave: Queimadas, Pantanal, SIG, ΔNBR, Razão de Frequência.

## 1. INTRODUÇÃO

Reconhecido internacionalmente como Reserva da Biosfera e Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), o Pantanal vem sendo constantemente impactado por ações humanas, principalmente pela agropecuária (BRASIL, 2022). Apesar de sua rica biodiversidade, apenas 4,68% do Pantanal é protegido, com 28 Unidades de Conservação (UC), dentre as quais seis são caracterizadas como de "proteção integral" e as demais são de "uso sustentável" (BRASIL, 2021).

Localizado na América do Sul e inserido na bacia hidrográfica do Alto Paraguai, o Pantanal compreende uma extensa planície constituída de diversos tipos de áreas úmidas contínuas, onde a ocorrência e propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições climáticas. O domínio climático no Pantanal é caracterizado por verões quentes e chuvosos, de setembro a março, seguido por invernos secos e frios, de abril a setembro. Em particular, no Pantanal Mato-grossense os meses mais secos acontecem de junho a setembro, com umidade relativa que pode atingir 15% em casos extremos (INPE, 2020). Em termos de tipos de cobertura do solo, é formado por um mosaico de campos, savanas e florestas. Tal composição faz com que no período de estiagem algumas áreas apresentem acúmulo de capim seco, altamente combustível, de fácil ignição e propagação do fogo (EMBRAPA, 2020).

Queimadas são consideradas parte integrante de muitos ecossistemas, como é o caso do bioma Cerrado. No entanto, quando não ocorrem de forma natural, proporcionam perda significativa de biodiversidade, resultando na alteração de toda a cadeia trófica e consequente perturbação nos processos ecossistêmicos existentes. Face à problemática das queimadas acentuadas nos últimos anos, se estendem ainda condições climáticas em escala local e global, as quais perturbam a química atmosférica por meio da liberação de aerossóis e gases causadores do efeito estufa. Segundo análise do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), somente em 2019, as emissões de $CO_2$ em consequência de queimadas no Brasil totalizou 517 milhões de toneladas, um aumento de 87% em relação ao ano anterior (SEEG, 2020).

Dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que entre 2000 e 2018, o Pantanal perdeu aproximadamente 2,1 mil km² de área de cobertura vegetal nativa (IBGE, 2018), mas não especifica as causas dessa perda. Contudo, o Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais (LASA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), apresentou dados sobre a área total queimada no bioma entre janeiro à outubro de 2020, sendo inferido que, apenas neste período, o Pantanal sofreu incêndios em mais de um quarto de seu território, relativo a 27% de sua área (PINTO *et al*., 2020).

Ainda em relação aos incêndios sofridos pelo bioma somente no ano de 2020, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) contabilizou 22.116 focos de incêndio, sendo a primeira vez na história do monitoramento que o bioma registra mais de 12 mil ocorrências (HIGA *et al.*, 2022). Espacialmente, os incêndios de 2020 localizaram-se principalmente no norte e oeste da região, sendo que cerca de 32% ocorreram em áreas de pastagens, 31% em áreas cobertas por florestas e 28% em áreas úmidas, totalizando 91% dos incêndios (NASA, 2020a; SOUZA *et al.*, 2020).

Diversos são os estudos desenvolvidos tendo por objeto de análise as queimadas, nos quais os dados advindos de sensoriamento remoto – imagens de satélites e comparações de seus índices espectrais – permitem gerar resultados de relevância tanto à identificação/detecção, como ao monitoramento desses eventos, pois fornecem cobertura temporal e espacial. A ocorrência de queimadas pode ser identificada e classificada (PEREIRA *et al.*, 2020), bem como ter sua dinâmica avaliada (TEIXEIRA *et al.*, 2021) com base na comparação entre índices espectrais, como o *Normalized Burn Ratio* (NBR), a partir das imagens de satélites.

O mapeamento por meio do NBR foi desenvolvido a partir do conhecimento do comportamento da resposta espectral de áreas queimadas, nas regiões do infravermelho-próximo (ρNIR) e infravermelho médio (ρMIR) (KOUTSIAS; KARTERIS, 1998); e a análise multitemporal por meio da diferença entre o NBR pré e pós-fogo (ΔNBR) (KEY; BENSON, 1999), tendo em vista que após um evento de queimada, o comportamento espectral da vegetação sofre alterações. O método da Razão de Frequência (RF) também foi empregado neste trabalho, pois se consiste em uma na expressão da razão de probabilidade de uma ocorrência com relação a uma não-ocorrência para um atributo qualquer, em que, quanto maior for o valor FR, mais substancial é a relação entre a ocorrência do fenômeno e uma variável específica (RAHMATHI *et al*., 2015).

Nesse contexto, a avaliação de suscetibilidade aplicada à demarcação de áreas com alto potencial de ocorrência de fogo, pode apoiar tomadores de decisão na formulação e implementação das estratégias de mitigação dos eventos de queimadas. Perante a esta motivação, este estudo tem o objetivo apresentar uma abordagem baseada em índices espectrais e modelagem estatística capaz de mapear a suscetibilidade a eventos de queimadas no Pantanal. Como caso de estudo, será considerada a região inserida entre os municípios de Cáceres e Poconé, estado do Mato Grosso, bem como dados obtidos pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI), transportado pelo satélite *Landsat-8*, durante o ano de 2020. Em detalhes, a abordagem analisada buscou desenvolver um inventário de eventos de queimadas derivado de sensoriamento remoto, por meio de análises de sua distribuição espacial, comparação com fatores causais, e desenvolvimento de um mapa de suscetibilidade de incêndios utilizando o método da Razão de Frequência (RF).

O presente artigo está organizado da seguinte forma: a seção de Materiais e Métodos apresenta detalhes relevantes sobre a área de estudo e os dados adquiridos, bem como inclui uma discussão formal sobre a utilização do método de Razão de Frequência em diversas aplicações ambientais; a seção de Resultados apresenta os principais resultados obtidos no estudo, seguido da seção de Discussão; por fim, a Conclusão resume as descobertas do presente artigo, evidenciando sua motivação e relevância.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo, identificada na Figura 1, compreende o bioma Pantanal inserido em dois municípios, Cáceres e Poconé, ambos situados no estado do Mato Grosso (MT). Cáceres localiza-se na porção Centro-Sul do estado, sendo a principal cidade mato-grossense abrangida pelo Pantanal (MATO GROSSO, 2020). Poconé está localizada ao sul do estado, onde 81% de sua área está inserida no Pantanal, e os 19% restantes no Cerrado (IBGE, 2019).

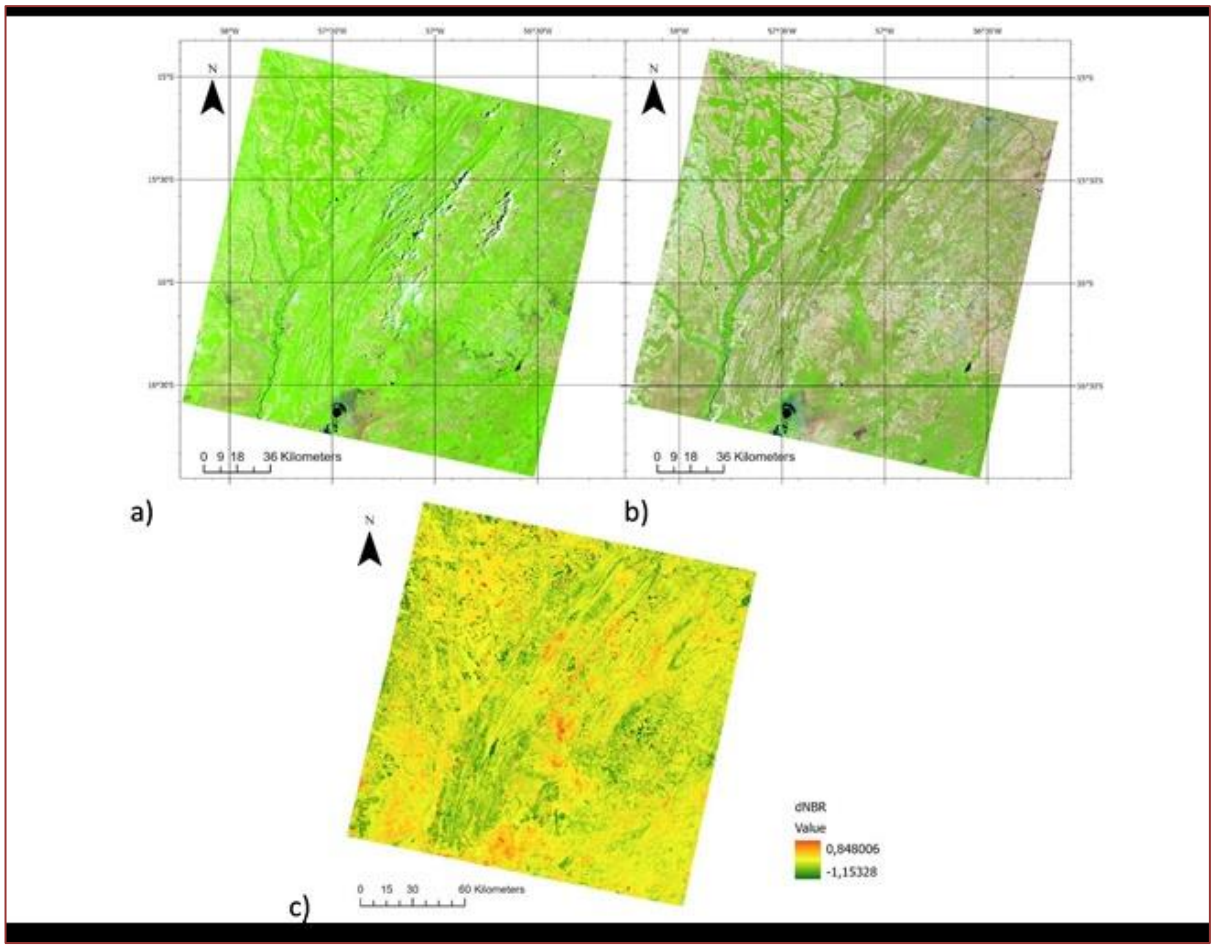
Dentre os biomas presentes no estado de Mato Grosso, no ano de 2020 o Pantanal foi o mais afetado. Além disso, dentre todos os municípios mato-grossenses, Poconé foi o mais atingido pelo fogo, contabilizando uma área de 869.170 hectares de incêndios florestais, nos quais 854.686 hectares (98,3%) correspondem à porção do bioma Pantanal, e 14.484 hectares, de Cerrado (NOVAIS *et al.*, 2022).

Considerando o destaque dessas duas cidades do Pantanal Matogrossense quanto a ocorrência de eventos intensos de queimadas, foram consideradas para cada uma delas, duas imagens do sensor OLI do satélite *Landsat 8*, com resolução espacial de 30 metros, em instantes diferentes: uma imagem correspondente ao período quente e úmido (16/01/2020) – comumente antes das queimadas sofridas pelo bioma a cada ano, num intervalo abrangendo os meses de dezembro a fevereiro – e outra referente ao período frio e seco (26/07/2020) – após as queimadas, no intervalo de junho a agosto.

Os dados de altimetria provenientes do satélite foram adquiridos gratuitamente pelo *United States Geological Service* (USGS), advindos do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), possibilitando a extração dos dados de declividade e aspecto do terreno. Os dados de uso e cobertura do solo foram adquiridos via MapBiomas (https://mapbiomas.org/), projeto que conta com dados de uso e ocupação do terreno anuais com 30 metros de resolução espacial entre os anos de 1985 a 2020, amplamente utilizados pela comunidade científica (NUNES *et al.*, 2020; SMITH *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2020; CRUZ *et al.*, 2022).

**Figura 1.** Área de estudo no ano de 2020:

a) Antes da ocorrência de queimadas; b) Após a ocorrência de queimadas e c) No índice ΔNBR




Fonte: Os autores (2022).

Conforme mencionado anteriormente, para execução deste estudo foram empregadas duas imagens multiespectrais obtidas pelo sensor OLI, referentes aos períodos quente/úmido e frio/seco. Com base nas imagens multiespectrais, foram calculados os índices espectrais NBR (KOUTSIAS; KARTERIS, 1998) e ΔNBR, determinado através de subtração dos índices NBR referentes ao período úmido e seco (KEY; BENSON, 1999). Conforme proposto por Key e Benson (1999), os efeitos da severidade do fogo segundo o índice ΔNBR são classificados segundo os diferentes níveis apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Níveis de severidade e variações do ΔNBR multiplicados por $10^3$

| Nível de Severidade | Valores do ΔNBR |
|---|---|
| Alta Regeneração | -500 a -251 |
| Baixa Regeneração | -250 a -101 |
| Não Queimado | -100 a 99 |
| Baixa Severidade | 100 a 269 |
| Baixa Moderada Severidade | 270 a 439 |
| Alta Moderada Severidade | 440 a 659 |
| Alta Severidade | 660 a 1350 |
| Anomalia | > 1350 |

Fonte: Adaptado de Key e Benson (1999).

Em um segundo momento, foram adotados fatores físicos (i.e., declividade, aspecto do terreno, altimetria e o uso e cobertura do solo do terreno). O uso de tais fatores é baseado em estudos anteriores, conforme apontado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Critérios utilizados para o estudo, segundo pesquisa bibliográfica

| Autores | Uso e Cobertura do Solo | Altitude | Declividade | Aspecto |
|---|---|---|---|---|
| Chavan et al. (2012) | * | | * | * |
| Garavand et al. (2015) | | * | * | * |
| Rajabi et al. (2013) | * | | * | |
| Kanabkaew et al. (2014) | * | | | |

Fonte: Adaptado de Gigović et al. (2018).

O fator de uso e cobertura do solo foi escolhido por conta da vegetação atuar de modo determinante na propagação do fogo, já que representa o total de combustível disponível. A altitude, apesar de pouco utilizada na literatura (ref. Tabela 2), desponta-se como uma variável associada ao comportamento do vento, logo, à propagação do fogo. A declividade do terreno influencia o comportamento das queimadas, uma vez que o aumento acentuado desse parâmetro pode implicar em aumento na taxa de propagação do fogo. Por último, o aspecto do relevo está relacionado a radiação solar que incide sobre o terreno, fazendo com que a temperatura e umidade se alterem ao longo da área (GIGOVIĆ et al., 2018).

Após a aquisição dos dados sobre os fatores físicos, foi calculada a Razão de Frequência de cada atributo. Esta medida tem sido amplamente utilizada com eficácia para mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos (ADITIAN; KUBOTA; SHINOHARA, 2018; PAL; CHOWDHURI, 2019; YAN et al., 2019), alagamentos (SAMANTA et al., 2018; SAMANTA; PAL; PALSAMANTA, 2018; SHAFAPOUR TEHRANY et al., 2019), queimadas (NAMI et al., 2018; ABEDI GHESHLAGHI; FEIZIZADEH; BLASCHKE, 2020; TIWARI; SHOAB; DIXIT, 2021), e disponibilidade de águas subterrâneas (DAS, 2019; ARSHAD et al., 2020; LEE et al., 2020), realizando uma associação quantificada entre o inventário do evento analisado e seus fatores causais (KHAN et al., 2019). Na Tabela 3 estão exibidas as classes dos fatores causais utilizados para a realização deste estudo.

Tabela 3. Classes dos fatores causais utilizados para a realização deste estudo

| Fator Físico | Classe |
|---|---|
| Declividade (º) | Plano (0-3) |
| | Suave Ondulado (3-12) |
| | Ondulado (12-24) |
| | Forte Ondulado (24-45) |
| | Montanhoso (> 45) |
| Altitude (m) | 79-160 |
| | 161-245 |
| | 246-367 |
| | 368-540 |
| | 540-944 |
| Aspecto | Plano |
| | Norte |
| | Nordeste |
| | Leste |
| | Sudeste |
| | Sul |
| | Sudoeste |
| | Oeste |
| | Noroeste |
| | Norte |
| Uso e Cobertura do Solo | Formação Florestal |
| | Formação Savânica |
| | Silvicultura |
| | Campo Alagado e Área Pantanosa |
| | Formação Campestre |
| | Outras Formações Não Florestais |
| | Pastagem |
| | Cana |
| | Mosaico de Agricultura e Pastagem |
| | Área Urbanizada |
| | Outras Áreas Não Vegetais |
| | Mineração |
| | Rio, Lago e Oceano |
| | Soja |
| | Outras Lavouras Temporárias |

Fonte: Os autores (2022).

O cálculo da RF para cada classe dos fatores causais utiliza a fórmula:

$$RF = \frac{Np(SX_i)/\sum_{i=1}^{n} SX_i}{Np(SX_j)/\sum_{j=1}^{m} SX_j} \quad (1)$$

onde $Np(SX_i)$ equivale ao número total de pixels de ocorrência de queimadas na classe $i$ do fator de ocorrência de queimadas $X$; $Np(SX_j)$ é o número total de pixels no fator de ocorrência de queimadas $X_j$; $n$ é o número de classes no fator de ocorrência de queimadas $X_i$; $m$ é o número de fatores de ocorrência de queimadas. Quanto maior o valor de RF, maior a probabilidade de ocorrência de eventos desse tipo, e quanto menor o valor, menor o risco.

Os valores de RF associadas a cada fator causal são somadas a fim de determinar um índice de suscetibilidade a queimadas (ISQ), isto é:

$$ISQ = RF_1 + RF_2 + \ldots + RF_n \quad (2)$$

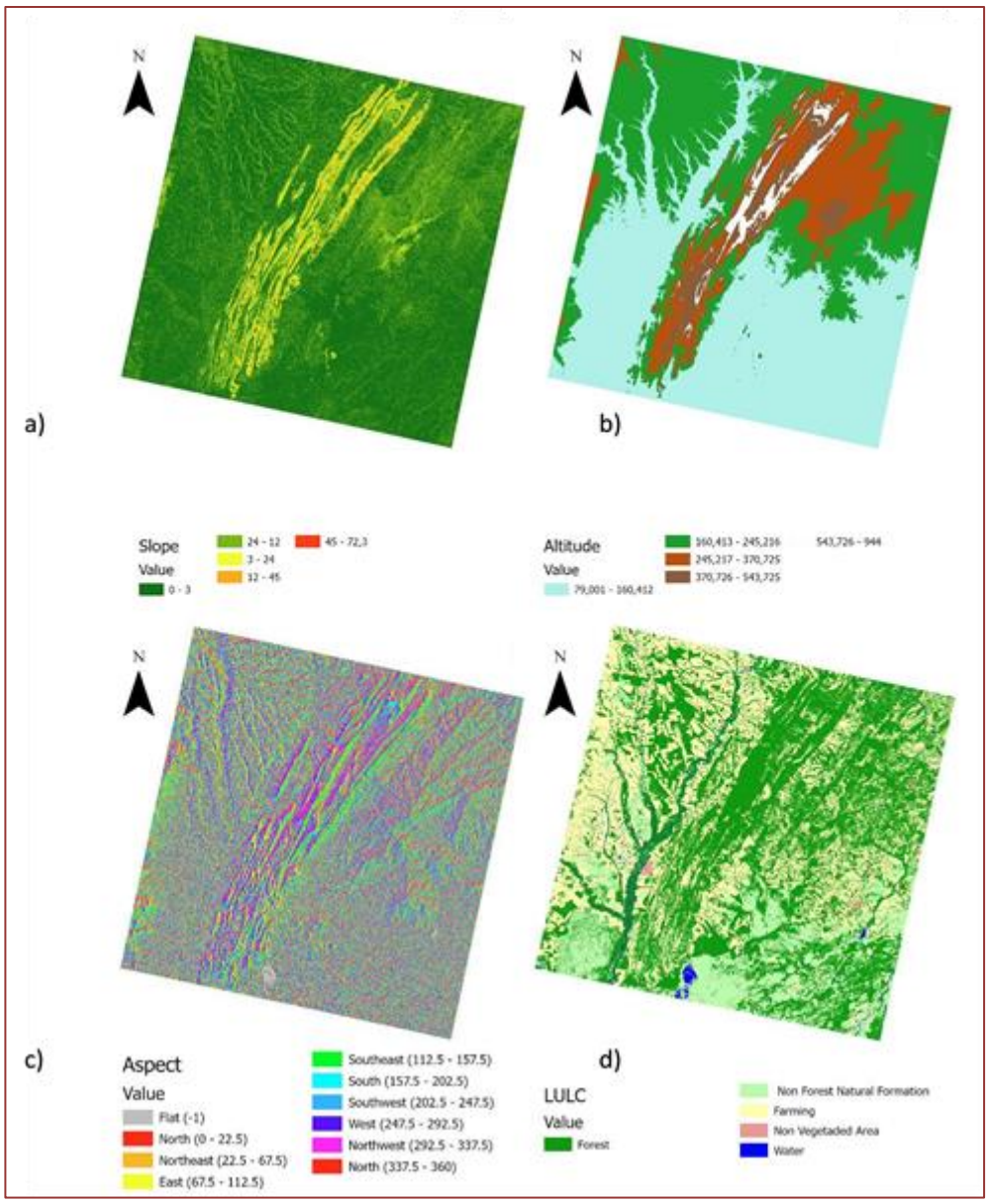
onde $RF_i$ é a razão de frequência relativo ao i-ésimo fator, sendo n a quantidade de fatores causais analisados. Todos os processos descritos anteriormente foram executados com auxílio do software ArcGIS Pro 2.9.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento dos fatores analisados no estudo é apresentado na Figura 2. Os pesos derivados para cada classe dos fatores causais são dados na Tabela 4, os quais indicam que a inclinação do terreno (Figura 2b) tem um impacto significativo na distribuição de eventos de queimadas. Nota-se que a ocorrência de queimadas aumenta com o aumento da declividade do terreno, porém, o peso é reduzido para terrenos montanhosos. O terreno ondulado é o mais propenso à ocorrência de fogo, com razão de frequência de 1,253, já o terreno plano é o menos propenso com razão de frequência de 0,985, como pode ser conferido na Tabela 4.

A razão de frequência para o mapa de aspecto (Figura 2c) mostra que o aspecto nordeste, leste e sudoeste têm os maiores valores de razão de frequência. O aspecto nordeste obteve o peso máximo de 1,081, seguido do Leste com 1,049. As altitudes no mapa hipsométrico (Figura 2a) têm uma influência significativa na distribuição espacial dos incêndios. Como pode ser visto na Tabela 2, dentre as classes desse fator, os intervalos de 540 a 944 metros e 161 a 245 metros, são os mais propensos a eventos de queimada com razão de frequência de 1,497 e 1,198, respectivamente. Por fim, as classes de uso e cobertura do solo com maior influência nos eventos de queimada são: outras formações não florestais, com razão de frequência de 58,129, e silvicultura, com razão de frequência de 25,166.

**Figura 2.** Mapeamento dos fatores causais:
a) Altitude, b) Declividade, c) Aspecto, d) Uso e Cobertura do Solo.




Fonte: Os autores (2022).

**Tabela 4.** Relação espacial dos fatores causadores de eventos de queimadas usando RF

| Fator Físico | Classe | Pixels | % Pixels | Pixels Queimados | % Pixels Queimados | RF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Declividade | Plano (0-3) | 27582681 | 68,14 | 238294 | 67,09 | 0,985 |
| | Suave Ondulado (3-12) | 10898670 | 26,92 | 94994 | 26,75 | 0,993 |
| | Ondulado (12-24) | 1525834 | 3,77 | 16775 | 4,72 | 1,253 |
| | Forte Ondulado (24-45) | 461385 | 1,14 | 5002 | 1,41 | 1,236 |
| | Montanhoso (> 45) | 11060 | 0,03 | 99 | 0,03 | 1,02 |
| Altitude | 79-160 | 18432584 | 45,51 | 139278 | 39,21 | 0,862 |
| | 161-245 | 13933279 | 34,4 | 146420 | 41,22 | 1,198 |
| | 246-367 | 4962323 | 12,25 | 35998 | 10,13 | 0,827 |
| | 368-540 | 2312201 | 5,71 | 22166 | 6,24 | 1,093 |
| | 540-944 | 864118 | 2,13 | 11341 | 3,19 | 1,497 |
| Aspecto | Plano | 2446403 | 6,04 | 15347 | 5,79 | 0,958 |
| | Norte | 2217666 | 5,48 | 13681 | 5,16 | 0,943 |
| | Nordeste | 4569270 | 11,29 | 32315 | 12,2 | 1,081 |
| | Leste | 5415097 | 13,38 | 37174 | 14,03 | 1,049 |
| | Sudeste | 5714921 | 14,12 | 37934 | 14,32 | 1,014 |
| | Sul | 4724989 | 11,67 | 30082 | 11,35 | 0,973 |
| | Sudoeste | 4660079 | 11,51 | 31024 | 11,71 | 1,017 |
| | Oeste | 5298794 | 13,09 | 33909 | 12,8 | 0,978 |
| | Noroeste | 5432411 | 13,42 | 33476 | 12,64 | 0,942 |
| Uso e Cobertura do Solo | Formação Florestal | 10468023 | 24,32 | 99829 | 24,27 | 0,998 |
| | Formação Savânica | 10606028 | 24,65 | 99829 | 24,27 | 0,985 |
| | Silvicultura | 30417 | 0,07 | 7316 | 1,78 | 25,166 |
| | Campo Alagado e Área Pantanosa | 1352737 | 3,14 | 18233 | 4,43 | 1,41 |
| | Formação Campestre | 5200012 | 12,08 | 12209 | 2,97 | 0,246 |
| | Outras Formações Não Florestais | 9 | 0 | 5 | 0 | 58,129 |
| | Pastagem | 13323013 | 30,96 | 151452 | 36,82 | 1,189 |
| | Cana | 259094 | 0,6 | 5011 | 1,22 | 2,024 |
| | Mosaico de Agricultura e Pastagem | 853025 | 1,98 | 6051 | 1,47 | 0,742 |
| | Área Urbanizada | 74593 | 0,17 | 317 | 0,08 | 0,445 |
| | Outras Áreas Não Vegetais | 76255 | 0,18 | 364 | 0,09 | 0,499 |
| | Mineração | 48453 | 0,11 | 155 | 0,04 | 0,335 |
| | Rio, Lago e Oceano | 447054 | 1,04 | 3295 | 0,8 | 0,771 |
| | Soja | 167870 | 0,39 | 3319 | 0,81 | 2,069 |
| | Outras Lavouras Temporárias | 127638 | 0,3 | 3906 | 0,95 | 3,202 |

Fonte: Os autores (2022).

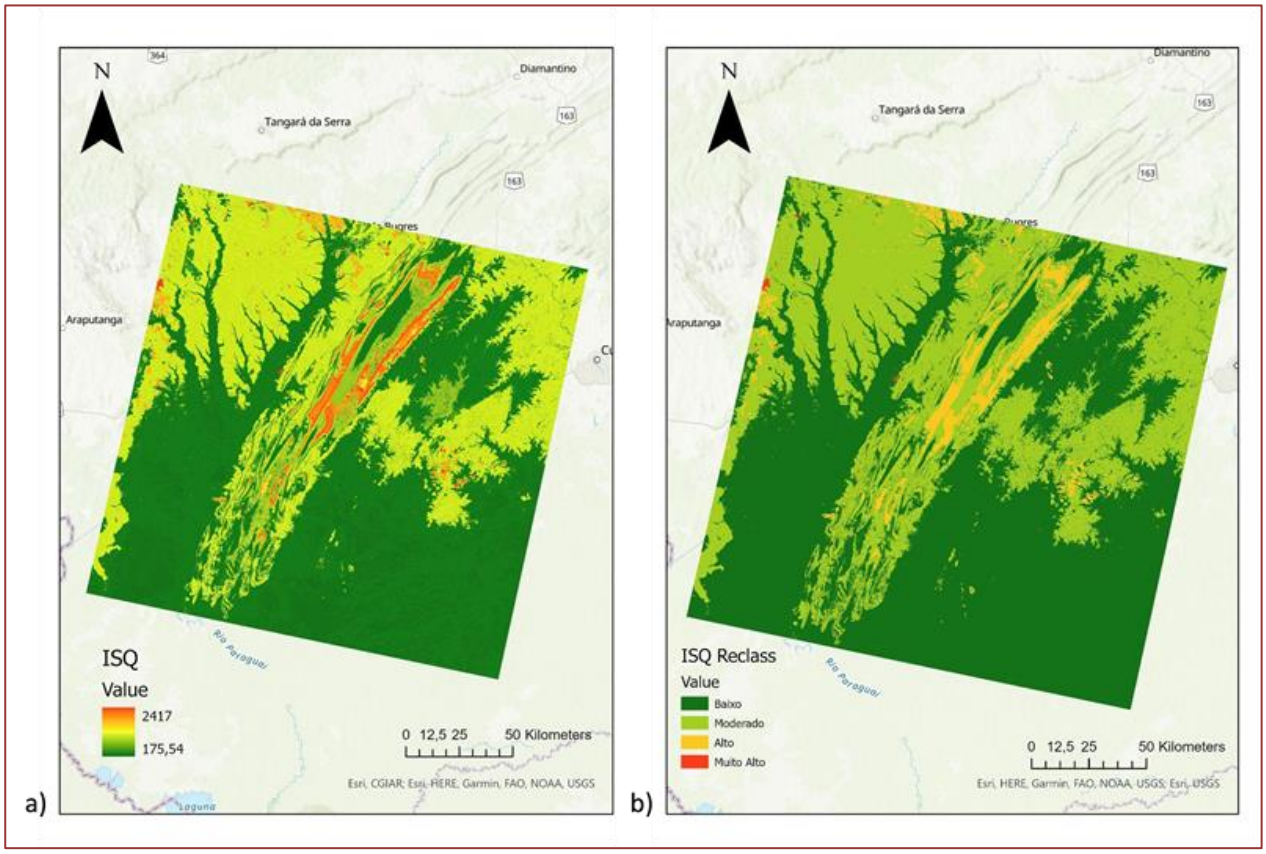


As razões de frequência, derivadas para os fatores causais analisados, foram combinadas em ambiente GIS, resultando no mapa de susceptibilidade, destacado pela Figura 3, baseado no índice ISQ (Figura 3a). O mapa ISQ foi reclassificado em quatro classes de suscetibilidade: baixa, moderada, alta e muito alta; usadas para classificação da suscetibilidade a eventos de queimada na área de estudo (Figura 3b). Os

resultados indicam que 57,96% da área possui baixa susceptibilidade, 38,46% apresenta suscetibilidade moderada, enquanto 3,51% da área é reconhecida como de alta susceptibilidade, e apenas 0,07% de suscetibilidade muito alta.

**Figura 3.** Mapa de suscetibilidade a eventos de queimada:

a) Utilizando FR , b) Reclassificado




Fonte: Os autores (2022).

O uso de sistemas de informações geográficas tem se consolidado de forma promissora em diversas áreas, entre as quais, os estudos urbanos (ZHA *et al*., 2003; BENEDIKTSSON *et al*., 2005), na agricultura (MCBRATNEY *et al*., 2003; HABOUDANE *et al*., 2004; BELGIU; CSILLIK, 2018; CHLINGARYAN *et al*., 2018), recursos florestais (COPPIN *et al*., 2004; GIRI *et al*., 2011; SAATCHI *et al*., 2011). A aplicação de técnicas de detecção de mudanças (VERBESSELT *et al*., 2010) e a manipulação de séries temporais (HUANG *et al*., 2010; DENNISON *et al*., 2014), a partir de imagens advindas de sensoriamento remoto, destacam-se nas análises de fenômenos provocados (ou agravados) pela intervenção antrópica, como é o caso das queimadas.

Nesse sentido, o uso de índices baseados em resposta espectral pode viabilizar a aquisição remota de informações a respeito da cobertura vegetal (QI *et al*., 1994; CARLSON; RIPLEY, 1997; HUETE *et al*., 2002), topografia do terreno (RABUS *et al*., 2003; RODRIGUEZ *et al*., 2006), propriedades do solo (MCBRATNEY *et al*., 2003; ENTEKHABI *et al*., 2010) e, como no caso deste estudo, sobre a ocorrência de eventos de fogo (LENTILE *et al*., 2006).

Na literatura, nota-se a falta de alinhamento em relação aos termos: intensidade do fogo, severidade do fogo e severidade de queimadas, conforme discutido por Neary *et al*. (1999) e Keeley (2008). O índice ΔNBR, utilizado neste estudo para verificar a severidade de queimadas, já foi avaliado diversas vezes em comparação com outros índices espectrais relacionados à ocorrência de fogo, demonstrando desempenho excelente (EPTING et al., 2005; LOZANO *et al*., 2007; MILLER; THOEDE, 2007; ESCUIN *et al*., 2008; VERAVERBEKE *et al*., 2010; MALLINIS *et al*., 2018).

Em relação à utilização do método de razão de frequência, foi verificado que essa metodologia é amplamente utilizada para mapeamento de susceptibilidade a desastres naturais (HONG *et al*., 2010; ARCA *et al*., 2020; MOHAJANE *et al*., 2021). Sobre o mapeamento de eventos de queimadas, Pourtaghi *et al*. (2015) realizaram a aplicação de diversas técnicas estatísticas, visando mapear áreas suscetíveis a esses eventos no território do Irã, e verificaram que as queimadas tem mais ocorrência em florestas com declividade maior que 30 graus, altitude maior que 1 km e aspecto do terreno a leste.

Nessa perspectiva, Sahana e Ganaie (2017), Kayet *et al*. (2020) e Pradeep *et al*. (2022) também desenvolveram a mesma aplicação em diferentes localidades do território indiano. O primeiro trabalho obteve maior ocorrência de queimadas em pastagens com declividade de 0 a 20 graus, com altitudes menores que 1 km e aspecto do terreno a sudeste; já no segundo trabalho, a maior ocorrência desses eventos aconteceu também em aspecto sudeste, com baixa declividade (menor que 15 graus), porém em altitudes menores (de 459 a 556 metros). Por fim, o último trabalho verificou que as queimadas tendem a ocorrer em florestas, com alta declividade (de 44 a 77 graus) e aspecto de terreno leste, evidenciando que dentro de um mesmo território há variações nos fatores causadores de queimadas.

No contexto do Pantanal, já foram realizados trabalhos sobre a ocorrência de fogo no bioma, entre os quais estão o mapeamento dos padrões (SCHROEDER *et al*., 2005; ARAÚJO *et al*., 2012; BACANI, 2016; SHIMABUKURO *et al*., 2020; CORREA *et al*., 2022) e suas possíveis causas e consequências a longo prazo (GARCIA *et al*., 2021; MARQUES *et al*., 2021). Os estudos têm verificado que os eventos de queimada estão relacionados a aspectos físicos, climatológicos, antrópicos e governamentais. Para melhorar a assertividade do modelo, recomenda-se que estudos futuros avaliem a inclusão de novos critérios, como: a distância de rodovias e cidades, NDVI, precipitação, temperatura da superfície terrestre, entre outros.

## 4. CONCLUSÕES

Os eventos de queimada, tanto naturais quanto induzidos pelo homem, representam uma ameaça proeminente para a maioria das florestas e pastagens ao redor do mundo. O estudo demonstrou a capacidade das técnicas de Sensoriamento Remoto em ambiente GIS para o desenvolvimento de mapas de suscetibilidade, por meio do estudo de caso em uma das áreas mais afetadas por eventos de queimadas no Brasil, o Pantanal Matogrossense. Os resultados do estudo indicam que as formações não florestais e silvicultura, o terreno ondulado e a altitude estão entre os fatores de maior influência sobre os eventos de queimadas no bioma do Pantanal.

Os mapas desenvolvidos no estudo podem constituir ferramentas promissoras para gestão e controle de queimadas. A classificação das áreas em diferentes classes de susceptibilidade resultou em informações estratégicas, capazes de apoiar tomadas de decisão, e planos de ações para bombeiros, guardas florestais e demais gestores. Ao estabelecer as zonas de maior risco de incêndio, seu monitoramento pode ser adequado para que os serviços de prevenção sejam acionados em tempo hábil e com maior efetividade. Além disso, os produtos cartográficos ainda apoiam os planejadores em ações de conservação da vida selvagem, no desenvolvimento de estratégias de prevenção e mitigação de queimadas, no gerenciamento de material combustível, para segurança e proteção de recursos naturais e de espécies endêmicas, na gestão eficiente e eficaz do uso da terra, desenvolvimento rural e agricultura sustentável.

## REFERÊNCIAS

[1] ABEDI GHESHLAGHI, H.; FEIZIZADEH, B.; BLASCHKE, T. GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic. Journal of Environmental Planning and Management, v. 63, n. 3, p. 481-499, 2020.

[2] ADITIAN, A.; KUBOTA, T.; SHINOHARA, Y. Comparison of GIS-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of Ambon, Indonesia. Geomorphology, v. 318, p. 101-111, 2018.

[3] ARSHAD, Arfan et al. Mapping favorable groundwater potential recharge zones using a GIS-based analytical hierarchical process and probability frequency ratio model: A case study from an agro-urban region of Pakistan. Geoscience Frontiers, v. 11, n. 5, p. 1805-1819, 2020.

[4] ARCA, D.; HACISALIHOĞLU, M.; KUTOĞLU, H. Producing forest fire susceptibility map via multi-criteria decision analysis and frequency ratio methods. Natural Hazards, v. 104, n. 1, p. 73–89, 2020.

[5] BACANI, V. M. Geoprocessing Applied To Risk Assessment of Forest Fires in the Municipality of Bodoquena, Mato Grosso Do Sul. Revista Árvore, v. 40, n. 6, p. 1003–1011, 2016.

[6] BELGIU, M.; CSILLIK, O. Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. Remote Sensing of Environment, v. 204, n. January 2017, p. 509–523, 2018.

[7] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Pantanal. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/pantanal. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

[8] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Painel das Unidades de Conservação Brasileira. 2021. Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjBiYzFiMWMtZTNkMS00ODk0LWI1OGItMDQ0NmUzNTQ4NzE4IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBlNyJ9. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

[9] CARLSON, T. N.; RIPLEY, D. A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote Sensing of Environment, v. 62, n. 3, p. 241–252, 1997.

[10] CHLINGARYAN, A.; SUKKARIEH, S.; WHELAN, B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. Computers and Electronics in Agriculture, v. 151, n. May, p. 61–69, 2018.

[11] COPPIN, P. et al. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. International Journal of Remote Sensing, v. 25, n. 9, p. 1565–1596, 2004.

[12] CORREA, D. B. et al. Increased burned area in the Pantanal over the past two decades. Science of The Total Environment, p. 155386, 2022.

[13] CRUZ, J.; BLANCO, C. J. C.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, F. J. Modeling of land use and land cover change dynamics for future projection of the Amazon number curve. Science of The Total Environment, v. 811, p. 152348, 2022.

[14] DAS, S. Comparison among influencing factor, frequency ratio, and analytical hierarchy process techniques for groundwater potential zonation in Vaitarna basin, Maharashtra, India. Groundwater for Sustainable Development, v. 8, p. 617-629, 2019.

[15] EMBRAPA. Uso do fogo para o manejo da vegetação no Pantanal. Corumbá, Mato Grosso do Sul, 2020. Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7223; 164.

[16] ENTEKHABI, B. D. et al. The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. Proceedings of the IEEE, v. 98, n. 5, 2010.

[17] EPTING, J.; VERBYLA, D.; SORBEL, B. Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. Remote Sensing of Environment, v. 96, n. 3–4, p. 328–339, 2005.

[18] ESCUIN, S.; NAVARRO, R.; FERNÁNDEZ, P. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. International Journal of Remote Sensing, v. 29, n. 4, p. 1053–1073, 2008.

[19] FAPESP. Revista Pesquisa FAPESP - Fogo e seca no Pantanal. São Paulo, 2021. ISSN 1519-8774; n. 297.

[20] GARCIA, L. C. et al. Record-breaking wildfires in the world's largest continuous tropical wetland: Integrative fire management is urgently needed for both biodiversity and humans. Journal of Environmental Management, v. 293, n. September 2020, p. 112870, 2021.

[21] GIGOVIĆ, Ljubomir et al. GIS multi-criteria analysis for identifying and mapping forest fire hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina. Tehnički vjesnik, v. 25, n. 3, p. 891-897, 2018.

[22] GIRI, C. et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Global Ecology and Biogeography, v. 20, n. 1, p. 154–159, 2011.

[23] HABOUDANE, D. et al. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment, v. 90, n. 3, p. 337–352, 2004.

[24] HIGA, Leandro et al. Active Fire Mapping on Brazilian Pantanal Based on Deep Learning and CBERS 04A Imagery. Remote Sensing, v. 14, n. 3, p. 688, 2022.

[25] HONG, H. et al. A comparative assessment between linear and quadratic discriminant analyses (LDA-QDA) with frequency ratio and weights-of-evidence models for forest fire susceptibility mapping in China. Arabian Journal of Geosciences, v. 10, n. 7, 2017.

[26] HUANG, C. et al. An automated approach for reconstructing recent forest disturbance history using dense Landsat time series stacks. Remote Sensing of Environment, v. 114, n. 1, p. 183–198, 2010.

[27] HUETE, A. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, v. 83, p. 195–213, 2002.

[28] IBGE. Censo Agro 2017. 2018. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/28943-ibge-retrata-cobertura-natural-dos-biomas-do-pais-de-2000-a-2018.html. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

[29] IBGE. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Série Relatórios Metodológicos. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. p. 1-168. 2019.

[30] INPE. Programa Queimadas. 2021. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal. Acesso em 2 de Fevereiro de 2022.

[31] KAYET, N. et al. Comparative analysis of multi-criteria probabilistic FR and AHP models for forest fire risk (FFR) mapping in Melghat Tiger Reserve (MTR) forest. Journal of Forestry Research, v. 31, n. 2, p. 565–579, 2020.

[32] KEELEY, J. E. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. International Journal of Wildland Fire, v. 18, n. 1, p. 116–126, 2009.

[33] KEY, C.; BENSON, N. Measuring and remote sensing of burn severity: the cbi and nbr. In: . [S.l.: s.n.], 1999.

[34] KHAN, Hawas et al. Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, v. 22, n. 1, p. 11-24, 2019.

[35] KOUTSIAS, N.; KARTERIS, M. Logistic regression modeling of multitemporal thematic mapper data for burned area mapping. International Journal of Remote Sensing, v. 19, p. 3499–3514, 12 1998.

[36] LEE, Sunmin et al. Groundwater potential mapping using remote sensing and GIS-based machine learning techniques. Remote Sensing, v. 12, n. 7, p. 1200, 2020.

[37] LENTILE, L. B. et al. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. International Journal of Wildland Fire, v. 15, n. 3, p. 319–345, 2006.

[38] LOZANO, F. J.; SUÁREZ-SEOANE, S.; DE LUIS, E. Assessment of several spectral indices derived from multi-temporal Landsat data for fire occurrence probability modelling. Remote Sensing of Environment, v. 107, n. 4, p. 533–544, 2007.

[39] MALLINIS, G.; MITSOPOULOS, I.; CHRYSAFI, I. Evaluating and comparing sentinel 2A and landsat-8 operational land imager (OLI) spectral indices for estimating fire severity in a mediterranean pine ecosystem of Greece. GIScience and Remote Sensing, v. 55, n. 1, p. 1–18, 2018.

[40] MARQUES, J. F. et al. Fires dynamics in the Pantanal: Impacts of anthropogenic activities and climate change. Journal of Environmental Management, v. 299, n. August, p. 113586, 2021.

[41] MATO GROSSO. Secretaria de serviços legislativos. Assembléia Legislativa. 2020. Disponível em: https://www.al.mt.gov.br/storage/webdisco/cp/20200511155710152600.pdf. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

[42] MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. [s.l: s.n.]. v. 117

[43] MILLER, J. D.; THODE, A. E. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). Remote Sensing of Environment, v. 109, n. 1, p. 66–80, 2007.

[44] MOHAJANE, M. et al. Application of remote sensing and machine learning algorithms for forest fire mapping in a Mediterranean area. Ecological Indicators, v. 129, n. June, p. 107869, 2021.

[45] NAMI, M. H. et al. Spatial prediction of wildfire probability in the Hyrcanian ecoregion using evidential belief function model and GIS. International journal of environmental science and technology, v. 15, n. 2, p. 373-384, 2018.

[46] NASA. 2020a. VIIRS I-Band 375 m Active Fire Data. Disponível em: https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/viirs-i-band-active-fire-data. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

[47] NEARY, D. G. et al. Fire effects on belowground sustainability: A review and synthesis. Forest Ecology and Management, v. 122, n. 1–2, p. 51–71, 1999.

[48] NOVAIS, da S. M. et al. Análise de severidade de áreas queimadas no município de Poconé – MT. Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil. Research, Society and Development, v. 11, n. 5, e6311527882, 2022.

[49] NUNES, Sâmia et al. Unmasking secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon. Environmental Research Letters, v. 15, n. 3, p. 034057, 2020.

[50] PAL, Subodh Chandra; CHOWDHURI, Indrajit. GIS-based spatial prediction of landslide susceptibility using frequency ratio model of Lachung River basin, North Sikkim, India. SN Applied Sciences, v. 1, n. 5, p. 1-25, 2019.

[51] PEREIRA, A. A. et al. Avaliação de índices espectrais para identificação de áreas queimadas no Cerrado utilizando dados Landsat TM. Revista Brasileira de Cartografia, n.68/8: 1665-1680, Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 2016.

[52] PINTO, Miguel M. et al. A deep learning approach for mapping and dating burned areas using temporal sequences of satellite images. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 160, p. 260-274, 2020.

[53] PLETSCH, M. A. J. S. et al. 2021. The 2020 Brazilian Pantanal fires. An Acad Bras Cienc 93: e20210077. DOI 10.1590/0001-3765202120210077.

[54] POURTAGHI, Z. S.; POURGHASEMI, H. R.; ROSSI, M. Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. Environmental Earth Sciences, v. 73, n. 4, p. 1515–1533, 2015.

[55] PRADEEP, G. S. et al. Forest Fire Risk Zone Mapping of Eravikulam National Park in India: A Comparison Between Frequency Ratio and Analytic Hierarchy Process Methods. Croatian Journal of Forest Engineering, v. 43, n. 1, p. 199–217, 2022.

[56] QI, J. et al. A modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, v. 48, n. 2, p. 119–126, 1994.

[57] RABUS, B. et al. The shuttle radar topography mission - A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 57, n. 4, p. 241–262, 2003.

[58] RAHMATI, O.; POURGHASEMI, R. H.; ZEINIVAND, H.Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golastan Province, Iran. Geocarto International, v. 31, n.1, p. 42-70, 2015.

[59] RODRÍGUEZ, E.; MORRIS, C. S.; BELZ, J. E. A global assessment of the SRTM performance. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 72, n. 3, p. 249–260, 2006.

[60] SAATCHI, S. S. et al. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 108, n. 24, p. 9899–9904, 2011.

[61] SAHANA, M.; GANAIE, T. A. GIS-based landscape vulnerability assessment to forest fire susceptibility of Rudraprayag district, Uttarakhand, India. Environmental Earth Sciences, v. 76, n. 20, p. 1–18, 2017.

[62] SAMANTA, R. K. et al. Flood susceptibility mapping using geospatial frequency ratio technique: a case study of Subarnarekha River Basin, India. Modeling Earth Systems and Environment, v. 4, n. 1, p. 395-408, 2018.

[63] SAMANTA, S.; PAL, D. K.; PALSAMANTA, B. Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model. Applied Water Science, v. 8, n. 2, p. 1-14, 2018.

[64] SCHROEDER, W. et al. Characterizing vegetation fire dynamics in Brazil through multisatellite data: Common trends and practical issues. Earth Interactions, v. 9, n. 13, p. 1–26, 2005.

[65] SEEG. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019. Observatório do Clima, 2020. n. 8.

[66] SHAFAPOUR TEHRANY, M. et al. Evaluating the application of the statistical index method in flood susceptibility mapping and its comparison with frequency ratio and logistic regression methods. Geomatics, Natural Hazards and Risk, v. 10, n. 1, p. 79-101, 2019.

[67] SHIMABUKURO, Y. E. et al. Mapping burned areas of mato grosso state brazilian amazon using multisensor datasets. Remote Sensing, v. 12, n. 22, p. 1–23, 2020.

[68] SMITH, Charlotte C. et al. Secondary forests offset less than 10% of deforestation-mediated carbon emissions in the Brazilian Amazon. Global Change Biology, v. 26, n. 12, p. 7006-7020, 2020.

[69] SOUZA CM et al. 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing 12: 2735. https://doi.org/10.3390/rs12172735.

[70] TEIXEIRA, C. N. et al. Dinâmica de Queimadas no Município de Cuiabá-MT por Sensoriamento Remoto. Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.02 607-618. 2021. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/247508/38476. Acesso em 20 de Junho de 2022.

[71] TIWARI, A.; SHOAB, M.; DIXIT, A. GIS-based forest fire susceptibility modeling in Pauri Garhwal, India: a comparative assessment of frequency ratio, analytic hierarchy process and fuzzy modeling techniques. Natural Hazards, v. 105, n. 2, p. 1189-1230, 2021.

[72] VERAVERBEKE, S. et al. The temporal dimension of differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) fire/burn severity studies: The case of the large 2007 Peloponnese wildfires in Greece. Remote Sensing of Environment, v. 114, n. 11, p. 2548–2563, 2010.

[73] VERBESSELT, J. et al. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. Remote Sensing of Environment, v. 114, n. 1, p. 106–115, 2010.

[74] YAN, F et al. A novel hybrid approach for landslide susceptibility mapping integrating analytical hierarchy process and normalized frequency ratio methods with the cloud model. Geomorphology, v. 327, p. 170-187, 2019.

[75] ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International Journal of Remote Sensing, v. 24, n. 3, p. 583–594, 2003.

# Capítulo 15

## A recuperação de áreas degradadas na Amazônia e no Cerrado brasileiro e seus impactos econômicos e ambientais

*Juliano dos Santos Cardoso*
*Jonathan Gonçalves da Silva*
*Roselaine Bonfim de Almeida*
*Leandro Vinícios Carvalho*

Resumo: Este trabalho analisa os impactos econômicos e ambientais da implementação de um dos instrumentos do Código Florestal (CF), a obrigação de recuperar e manter um percentual de vegetação nativa (VN) nos imóveis rurais para Reserva Legal (RL), em dois biomas brasileiros, a Amazônia e o Cerrado. No Bioma Amazônia há um déficit de 4,47 milhões de hectares (Mha) de VN e, no Bioma Cerrado, de 5,03 Mha. Em ambos os casos, para a conformidade ambiental, será necessário o abandono de áreas produtivas para a conversão em VN. Para a análise, utilizou-se um modelo de equilíbrio geral computável, o qual permite analisar os impactos de choques de política sobre as economias nacional e regionais, ao longo do tempo. Os resultados indicam que a aplicação da política, por restringir o uso do fator terra, afetará negativamente as principais variáveis macroeconômicas brasileiras. Observou-se que a conversão causará a redução da produção agropecuária nos estados que abrigam os biomas Cerrado e Amazônia, bem como das outras atividades relacionadas ao setor do agronegócio. A redução na produção pode desencadear a migração da força de trabalho dos estados atingidos pela política para outras regiões do país que tenham no agronegócio seu principal setor produtivo. A recuperação da VN no Bioma Amazônia reduziu as emissões de GEE em 3,15 milhões tCO2e. e a no Bioma Cerrado, em 7,67 mil tCO2e. As áreas de pastagem foram as que mais cederam espaço para a recuperação da VN, principalmente na Amazônia. Por fim, o cumprimento da política, a longo prazo, não impõe impactos significativos na economia brasileira como um todo, já que compromete menos de 1% do PIB do País.

Palavras-chave: Código Florestal; Reserva Legal; Amazônia; Cerrado; Economia.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as maiores fontes de emissões de GEE, historicamente, têm como origem o setor energético, o desmatamento e a atividade agropecuária (LA ROVERE, 2017). A primeira fonte tem suas emissões explicadas principalmente pela atividade de transporte, enquanto as outras duas estão associadas à expansão da atividade agropecuária. No início dos anos 2000, a abertura de pastagens e depois a produção de soja foram as principais causas do desmatamento, principalmente na Região Amazônica, contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da agropecuária e das mudanças do uso da terra e florestas (SPAROVEK et al., 2016).

O Bioma Cerrado possui um *superávit* florestal de 40 Mha, que podem ser legalmente desmatados e utilizados pela atividade agropecuária. Assim, a disponibilidade e condições ambientais propícias ao desenvolvimento de lavouras e da pecuária, fazem do Cerrado o centro dinâmico e principal área de expansão da atividade agropecuária no Brasil. Isso, em grande medida, facilitado pela conversão de grandes áreas de vegetação nativa em pastagens e lavouras (SOARES-FILHO et al., 2014).

Nesse sentido, são necessárias ações políticas e institucionais que promovam a exploração sustentável dos recursos naturais e o uso racional da terra. A implementação dessas políticas no Brasil, deve levar em consideração o fato de que cerca de 302 milhões de hectares (Mha) de vegetação nativa (VN) remanescente estão localizadas em terras particulares (FREITAS; SPAROVEK; MATSUMOTO, 2016).

O Código Florestal (CF) brasileiro, que entrou em vigor em maio de 2012, estabeleceu os requisitos mínimos de conservação e restauração da vegetação nativa brasileira. Essa política, visa a recuperação de áreas de vegetação nativa eliminadas das propriedades rurais e, assim, garantir a oferta de serviços ambientais essenciais, como o suprimento de água e a manutenção da biodiversidade. Assim, promovendo a proteção dos recursos naturais, os quais são importantes para o desenvolvimento da agropecuária, para o bem-estar e segurança da população brasileira (BRANCALION et al., 2016).

Para a implementação do CF, o procedimento de adequação ambiental envolve várias etapas que vão da inscrição das propriedades rurais no Cadastro Ambiental Rural (CAR) ao estabelecimento de regras mínimas de restauração e recomposição de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e Reservas Legais (RLs). Esse processo de adequação é bastante heterogêneo entre as Unidades da Federação (UFs), com poucos estados em estágios avançados na elaboração das normas de restauração estaduais (CHIAVARI; LOPES, 2019).

Nesse sentido, para a implementação do CF, alguns desafios ainda precisam ser superados, como a utilização de terras ilegamente desmatadas para a utilização na atividade agropecuária. Essas terras, têm tido alguma destinação econômica, razão pela qual os agricultores veem o CF como uma barreira contra o desenvolvimento econômico.

Esse tema, na literatura especializada, ainda é incipiente pois carece de estudos que avaliem como a restauração, por exemplo, de RL nos biomas brasileiros pode afetar a economia brasileira. Ademais, há espaço para trabalhos que destaquem a Amazônia e o Cerrado, biomas que estão no centro do debate sobre as mudanças do uso da terra no Brasil. Além disso, por ser uma temática ambiental, o horizonte de tempo, de longo prazo, é fundamental para a análise, lacuna preenchida por este estudo. Isso, através de um modelo de simulação econômica que permite a realização de análises de longo prazo.

Nesse sentido, este trabalho analisa os impactos econômicos da implementação de um dos instrumentos do Código Florestal (CF): a obrigação de recuperar e manter um percentual de vegetação nativa (VN) nos imóveis rurais para Reserva Legal (RL). Mais especificamente, simulou-se a recuperação de áreas de VN nos biomas Amazônia e Cerrado entre os anos de 2018 e 2038, conforme estabelecido pela legislação. Ainda, avaliou-se as consequências dessa política para as economias nacional e regionais, bem como seus eventuais desdobramentos em termos de alocação de terras e emissões de GEE. Isso, analisado através de um modelo de equilíbrio geral computável.

Assim, este estudo está organizado em quatro seções. A primeira aborda as alterações e os principais instrumentos de gestão ambiental do CF, com ênfase na obrigatoriedade da restauração das áreas de RL. A segunda trata da metodologia do CGE, sua estrutura, a política e o fechamento do modelo. Na terceira, são discutidos e analisados os resultados das simulações. Por fim, na quarta seção são apresentadas as considerações finais e as orientações para futuras pesquisas.

## 2. O CÓDIGO FLORESTAL

O controle do desmatamento é uma pauta global. Na Conferência das Partes promovida pela Organização das Nações Unidas em Paris (COP-21), o Brasil assumiu o compromisso de até 2030 recuperar 15 Mha de pastagens degradadas e de restaurar 12 Mha de VN. A realização desse objetivo poderá diminuir as emissões nacionais de GEE e ajudar o País a alcançar uma produção agropecuária de baixo carbono (NUNES et al., 2017).

Para tanto, a participação do agronegócio é fundamental, pois o Brasil é um dos poucos países que ainda possui um vasto estoque de florestas naturais adequadas para a conversão em terras agrícolas. Aproximadamente 65% do território brasileiro, o equivalente a 566 Mha, ainda está coberto por VN, dos quais 302 Mha (53%) estão localizados em terras privadas que abrigam ou são influenciadas por alguma atividade agropecuária (FREITAS; SPAROVEK; MATSUMOTO, 2016).

Nesse contexto, o CF é o principal instrumento jurídico para a regulação do uso e da expansão da terra agrícola no Brasil. Essa legislação, define os requisitos de exploração, conservação e restauração da VN em terras públicas e privadas, abrangendo inclusive os biomas não-florestais. É, portanto, a principal estrutura legal brasileira para a conservação da natureza, pois incide diretamente sobre a gestão dos recursos hídricos e do solo, bem como na conservação da natureza e na produção agropecuária (BRANCALION et al., 2016; SPAROVEK et al., 2012).

O primeiro CF brasileiro para proteção da VN foi instituído em 1934. Atualizado em 1965, passou a exigir um alto esforço de restauração em áreas já convertidas para a atividade agrícola. A falta de tecnologia e insumos para a restauração, os custos de oportunidade e a ausência de uma aplicação rigorosa contribuíram para o descumprimento do CF de 1965. Contudo, com a entrada em vigor da Lei de Crimes Ambientais, em 1998, os órgãos de controle e defesa ambiental passaram a intervir de forma mais efetiva e o descumprimento do CF de 1965 passou a originar sanções civis, administrativas e penais, bem como a imposição de medidas reparatórias. Nesse cenário, com a percepção de que o CF de 1965 seria uma barreira contra o desenvolvimento do agronegócio, iniciou-se em 2008 um movimento político para revisá-lo (BRANCALION et al., 2016; SPAROVEK et al., 2012).

Em 2012, foi aprovado um novo CF, bem mais tolerante do que o seu antecessor. Foi incluído em seu texto, por exemplo, o perdão para vários tipos de desmatamentos ilegais ocorridos antes de 2008. Comparado com o CF de 1965, o atual CF também resultou na diminuição das áreas florestais protegidas. O CF de 2012 também apresentou as novas diretrizes para a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal, para locais em que a VN tenha sido suprimida para outros usos da terra. As APPs são geograficamente localizadas, ou seja, definidas pela proximidade de um curso de água, declividade elevada, topo de morro ou altitude extrema. Visam a proteger a água, o solo, a flora, a fauna, a paisagem e a biodiversidade, culminando com a sua significância para o bem-estar das populações humanas (KRÖGER, 2017; ALARCON et al., 2015; SPAROVEK et al., 2015; COUTINHO et al., 2013).

A RL é uma área com VN localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, que tem a função de assegurar o uso econômico sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade. Ainda, assegurar o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa conforme destaca Brancalion et al. (2016). O tamanho da RL é proporcional ao tamanho do imóvel, variando de acordo com sua localização geográfica no Brasil, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 -** Percentual mínimo, em relação à área total do imóvel rural, que deve ser mantida com cobertura de VN, a título de Reserva Legal

| Localização | Percentual Mínimo da Área do Imóvel Exigido |
|---|---|
| - Amazônia Legal | - 80% no imóvel situado em área de florestas.<br>- 35% no imóvel situado em área de cerrado.<br>- 20% no imóvel situado em área de campos gerais. |
| - Nas demais regiões do País | - 20% do imóvel. |

Fonte: Brasil (2012a).

Ainda que não tenham alterado os percentuais, descritos na Tabela 1, as inclusões dos artigos[4] 13, 15, 61 e 67 no novo CF reduziram as exigências de restauração das áreas de RL e APP (FREITAS; SPAROVEK; MATSUMOTO, 2016).

A isenção da obrigatoriedade da constituição de RL para propriedades com tamanho inferior a quatro módulos fiscais (MF) e o perdão dos desmatamentos ocorridos até 2008 foram responsáveis pela redução de 58% da dívida ambiental brasileira. A anistia concedida pelo atual CF alcançou 90% das propriedades rurais e diminuiu a área total a ser restaurada de 50 para 21 Mha, dos quais 78% abrangem áreas de RLs e 22% de APPs (SOARES-FILHO et al., 2014).

Pela dimensão e amplitude, têm-se que as reduções operadas pelo novo CF são capazes de influenciar negativamente na conservação da biodiversidade e nos programas de restauração florestal. Podem, ainda, expandir e agravar problemas, como falta d'água, desertificação, deslizamentos de encostas, inundações e secas (BRANCALION et al., 2016).

Ocorre que, mesmo com as reduções, ainda há muitas propriedades em não-conformidade com o CF, com áreas florestais de RL em quantidade menor do que a requerida pela lei. Assim, no intuito de facilitar sua execução, o CF de 2012 foi dotado de importantes sistemas de controle e incentivo da conformidade. Foram criados o Cadastro Ambiental Rural (CAR), o Programa de Regularização Ambiental (PRA), o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADA) e as Cotas de Reserva Ambiental (CRA), ferramentas que possibilitam a gestão sistemática e integrada da lei, além de obrigar e monitorar o seu cumprimento (BRANCALION et al., 2016).

No âmbito do CAR, o proprietário com déficit de RL em seu imóvel poderá optar, ainda, por compensar a dívida através do mecanismo de compensação de CRA. A CRA é um título legal negociável representativo de áreas com VN intacta ou em regeneração, localizadas em propriedades que apresentam VN em quantidade superior à exigida para RL, podendo, no caso de pequena propriedade ou posse rural familiar, incluir a RL (RAJÃO; SOARES-FILHO, 2015a).

A compensação é um mecanismo de mercado. Estima-se que exista no Brasil uma oferta potencial de 147,4 Mha de ativos florestais que poderiam lastrear a emissão de CRA. Desse total, tem-se uma oferta provável de CRA de 103,1 Mha, distribuídos principalmente entre os biomas Amazônia (nos estados do Amazonas e Pará) Cerrado e Caatinga (na Bahia e no Piauí). Todavia, o forte desequilíbrio entre a oferta potencial (147,4 Mha) e a demanda potencial (13 Mha) não incentiva a criação e desenvolvimento de um mercado atraente de certificados negociáveis de CRA (FREITAS et al., 2017; RAJÃO SOARES-FILHO, 2015a).

No entanto, como o mercado de CRA ainda não está estabelecido, a restauração florestal, apesar de mais onerosa, é o principal mecanismo disponível aos proprietários para a recuperação das áreas degradadas de seus imóveis rurais e, em especial, para o pagamento dos *déficits* de RL (NUNES et al., 2017).

Dessa forma, é importante aferir os impactos econômicos e ambientais que a restauração florestal dessas áreas de *déficit* de RL, que atualmente estão sendo usadas na agropecuária, pode causar à economia regional e nacional, sem perder de vista que a dinâmica das políticas climáticas nacionais está diretamente relacionada às questões de política econômica (BABATUNDE; BEGUM; SAID, 2017).

Assim, é importante estimar os custos econômicos e sociais da adequação das propriedades rurais irregulares às novas diretrizes ambientais, bem como identificar se os benefícios ambientais, da imposição legal, justificam o processo de restauração em longa escala que será desenvolvido nos biomas Amazônia e Cerrado.

Dentro do apresentado, o CF na maneira como foi reformulado abre espaço para novas formas de desmatamento o que pode ser prejudicial para o Brasil tanto em termos de conservação, quanto em termos sociais e econômicos. Assim esse trabalho tem como intuito nas próximas seções explorar o tema dos impactos econômicos e ambientais da implementação de uma política de conversão de áreas degradadas em áreas de VN, ou seja, quais os impactos sociais e econômicos de uma política de conservação e interrupção do desmatamento para os próximos anos.



[4] O novo CF permitiu ao poder público reduzir a exigência de RL de 80% para até 50% da propriedade rural localizada em florestas da Amazônia Legal, exclusivamente para fins de regularização de área rural consolidada. Autorizou o cômputo das áreas de APPs no cálculo da RL. Reduziu a exigência mínima de APPs para áreas rurais desmatadas antes de 22 de junho de 2008. Por fim, isentou da necessidade de restauração de RL as propriedades de tamanho inferior a quatro módulos fiscais (BRASIL, 2012).

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na abordagem proposta para este trabalho, para aferir os impactos econômicos e ambientais do CF, utilizou-se um modelo CGE. Esses modelos são utilizados para esclarecer e ilustrar os efeitos das políticas e outros choques em diversos setores da sociedade. O modelo CGE, através de simulações, possibilita uma análise de toda a economia, permitindo o exame do impacto geral da reforma de uma política de base ampla, como é o caso do CF, que abrange todas as propriedades rurais do Brasil (HORRIDGE, 2011). O uso de modelos de simulação pode contribuir para a melhor compreensão do problema, ao tornar explícitas as inter-relações entre as variáveis envolvidas, o que será discutido a seguir.

Modelos CGE são representações do conjunto da economia em seu âmbito global, nacional e/ou regional. Esses modelos são estruturados com base em blocos de equações que especificam o comportamento e as relações entre todos os agentes econômicos. Ademais, fornecem uma estrutura capaz de avaliar os efeitos das mudanças de políticas na alocação de recursos e de avaliar quem ganha e perde com a mudança (SHOVEN; WHALLEY, 1992).

O principal objetivo do modelo CGE é a análise prática de políticas (WING, 2004). A modelagem permite uma atualização constante dos dados, a desagregação detalhada na área de foco e a representação precisa dos instrumentos políticos relevantes, além de resultados desagregados. Esses modelos, por meio de simulações, permitem a estimativa dos impactos de uma política em toda a economia (DIXON; KOOPMAN; RIMMER, 2013; SHOVEN; WHALLEY, 1984).

A força central de um modelo CGE é sua capacidade de simular como as políticas afetam os setores interligados e os agentes econômicos. As simulações CGE produzem resultados em termos de impactos em indicadores econômicos chave, incluindo produção regional bruta, produção do setor, meio ambiente e emprego, entre outros (BANERJEE et al., 2016).

O detalhamento institucional descrito nos modelos aplicados permite a análise de diversas políticas, possibilitando investigações detalhadas e considerações sobre circunstâncias específicas de uma dada economia (FERREIRA FILHO, 2011).

Nesse contexto, ante o objetivo proposto, o instrumental analítico o instrumental analítico utilizado neste trabalho é um modelo inter-regional de equilíbrio geral aplicado denominado *The Enormous Regional Model for the BRazilian economy* (TERM-BR) (HORRIDGE, 2011).

O TERM-BR foi adaptado de um modelo desenvolvido para a economia da Austrália, cuja estrutura matemática é representada por um conjunto de equações, na sua grande maioria não-lineares, porém, descritas na forma linearizada, e cuja solução é dada em taxa de crescimento (variação percentual). O modelo é solucionado com o *software* GEMPACK (HARRISON; PEARSON, 1996).

Esse modelo incorpora mecanismos de dinâmica recursiva, especificações de funções de produção e detalhamentos da base de dados (SANTOS et al., 2017). O TERM-BR também fornece dimensões adicionais, revelando impactos políticos não só no sistema econômico, mas também na base de recursos ambientais sobre a qual o setor agropecuário é construído e sustentado. Esse modelo foi criado especificamente para lidar com dados regionais altamente desagregados e, ao mesmo tempo, fornecer uma solução rápida para as simulações (HORRIDGE; 2011).

A metodologia *bottom-up* permite simulações de políticas que têm efeitos de preço apenas em uma região específica. Os resultados nacionais são conduzidos (determinados) pelos resultados regionais. O TERM-BR permite a agregação de regiões de acordo com o objeto de pesquisa. As demandas, os suprimentos, os preços e as quantidades são calculados para cada região separadamente. O comportamento dos agentes também é modelado (FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2014).

A versão do modelo TERM-BR utilizado neste trabalho distingue: 15 regiões (Amazônia, Rondônia, Pará/Tocantins, Maranhão/Piauí, Bahia, Mato Grosso, Central, Pernambuco/Alagoas, Restante do Nordeste, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro/Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Santa Catarina/Rio Grande do Sul); 42 setores produtivos (os da matriz insumo-produto brasileira e os do Sistema de Contas Nacionais) e 52 produtos (Agropecuária produz 11 produtos e os demais setores produzem um único produto); 2 tipos de serviços de margem (de comércio e de transporte); 3 fatores de produção (trabalho, capital e terra, este último de uso exclusivo da Agropecuária); 10 tipos de ocupação; e 4 demandantes finais (famílias, governo, exportação e investimento) (SILVA; RUVIARO; FERREIRA FILHO, 2017). Os resultados, nesta aplicação do modelo, consideram os 6 biomas nacionais: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa.

O TERM-BR apresenta os seguintes mecanismos dinâmicos recursivos: (i) uma relação de estoque-fluxo entre investimento e estoque de capital, que assume um período de maturação de um ano; (ii) uma relação positiva entre investimento e taxa de lucro; e (iii) uma relação entre crescimento salarial e emprego regional, com variação na taxa de desemprego, pelo menos no curto prazo (FERREIRA FILHO; RIBERA; HORRIDGE, 2015).

Os modelos CGE têm por base uma tabela nacional de insumo/produto, que fornece grande parte dos coeficientes e parâmetros necessários para esses modelos. Os dados restantes podem ser obtidos por fontes diversas, como as Contas Nacionais, censos econômicos, outros trabalhos da literatura e, até mesmo, pressuposições feitas pelos autores a respeito dos valores do objeto em estudo. Os dados que servem de base aos modelos CGE são organizados por uma matriz de contabilidade social (FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2009).

O modelo é calibrado para o ano de 2005, utilizando-se a Matriz de Insumo-Produto de 2005 e outras bases de dados oficiais. As mudanças no uso da terra e florestas, bem como suas emissões de GEE, são representadas no modelo com base em matrizes de transição calibradas com imagens de satélite fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (SILVA; RUVIARO; FERREIRA FILHO, 2017).

O número de categorias de uso do solo, com a incorporação das informações sobre os biomas, permite uma melhor representação da heterogeneidade do uso da terra e das emissões de GEE entre as diferentes regiões do País (SILVA; RUVIARO; FERREIRA FILHO, 2017). Do mesmo modo, a abordagem metodológica do modelo situa a agropecuária dentro de uma descrição consistente de toda a economia, que relaciona os resultados e os preços com todos os setores, permitindo assim medir os impactos de todas as políticas que incidam sobre a produção agropecuária (FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2014).

A estrutura de produção no TERM-BR é composta por um sistema hierárquico e está organizada em quatro níveis distintos, representando a produção de diversos bens e serviços na economia. Já a estrutura de demanda é composta de um conjunto de famílias representativas em cada região, que consome bens domésticos (das regiões da economia nacional) e bens importados (HORRIDGE, 2011). As estruturas de produção e de demanda estão delineadas nas figuras constantes nos apêndices.

Esse alto grau de detalhamento torna o TERM-BR uma ferramenta útil para examinar os impactos regionais de choques, especialmente choques do lado da oferta (no caso, terra), que podem ser específicos de um determinado setor ou região (HORRIDGE; ROKICKI, 2017).

Logo, o TERM-BR pode fornecer resultados detalhados de como a obrigação de recuperar áreas degradadas e/ou produtivas, constantes no CF (choque político), poderá influenciar nos setores econômico, social e ambiental do Brasil.

### 3.1. A POLÍTICA

No CF, está definido que todas as glebas agrícolas precisam manter e restaurar suas áreas de Reserva Legal. O maior passivo ambiental de RL se concentra nas bordas da Amazônia e no sul do Cerrado, onde há maior ocupação agrícola (RAJÃO; SOARES-FILHO, 2015a). Ademais, as regiões Norte e Nordeste vêm se destacando pelo desmatamento da VN nos estabelecimentos agropecuários.

Assim, este trabalho simula os impactos econômicos e ambientais do cumprimento de apenas uma das formas (a outra é a compensação através da CRA) através da qual o produtor pode alcançar a conformidade com o CF, no caso, a restauração florestal.

Para gerar as simulações, é necessário quantificar o passivo ambiental, ou seja, o quanto da área dos biomas Cerrado e Amazônia usada na atividade agropecuária têm a possibilidade de ser reflorestada. Esses dados, sobre os déficits de RL nesses foram extraídos do estudo realizado por Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016). Nesse estudo, após quantificar e aplicar as reduções nas dimensões da RL (arts. 13, 15 e 67, do CF), os autores identificaram em cada bioma brasileiro a extensão de RL nos imóveis rurais brasileiros que não está coberta por VN, o que foi considerado como *déficit* de RL, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 -** Análise da RL em relação ao tamanho de imóvel e bioma. Valores expressos em milhões de hectares (Mha)

| | BIOMAS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Amazônia | Cerrado | M. Atlântica | Pantanal | Pampa | Caatinga |
| Reserva Legal (RL) Exigida pelo CF | 121,31 | 54,15 | 20,67 | 3,34 | 3,16 | 15,98 |
| RL com Vegetação Nativa | 94,53 | 42,43 | 9,49 | 3,27 | 2,08 | 14,18 |
| Redução de RL do Art. 13 do CF | 11,95 | 1,65 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Redução de RL do Art. 15 do CF | 1,19 | 1,60 | 2,51 | 0,01 | 0,22 | 0,06 |
| Redução de RL do Art. 67 do CF | 9,18 | 3,44 | 5,79 | 0,03 | 0,30 | 1,61 |
| *Déficit* de RL | 4,47 | 5,03 | 2,88 | 0,02 | 0,55 | 0,13 |

Fonte: Adaptado de Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016).

Infere-se da Tabela 2 que, apesar das reduções decorrentes da revisão do CF de 1965, ainda é necessária, para a conformidade com o CF, a restauração de 9,5 Mha de vegetação nativa nos biomas Amazônia (4,47 Mha) e Cerrado (5,03 Mha). Assim, o choque consiste na aplicação de uma política ambiental que reduzirá em 4,47 Mha a atual área agropecuária do Bioma Amazônia e, em 5,03 Mha, a do Bioma Cerrado (Tabela 3).

O CF[5], a fim de possibilitar a conformidade ambiental sem causar grandes impactos negativos no setor agropecuário, permite que a área desmatada ilegalmente seja gradualmente convertida em VN. Assim, assumiu-se que o produtor rural escolherá essa forma de restauração, por ser a menos onerosa dentre as disponíveis. Nesse sentido, foram construídos dois cenários de simulação, um para cada bioma.

O Cenário 1 corresponde ao Bioma Amazônia, onde gradativamente (a cada dois anos) foi aplicado um choque consistente na redução de 447 mil hectares de áreas produtivas (10% da área total), até o montante de 4,47 Mha. O Cenário 2 representa o Bioma Cerrado, onde a cada dois anos foram reduzidos 503 mil hectares de sua área agropecuária (10% da área total), até o montante de 5,03 Mha. Em ambos os casos, a primeira redução foi aplicada em 31/05/2018 e a última, em 01/01/2036, conforme Brasil (2012a). Com isso, espera-se que a recuperação das áreas degradadas seja concluída e produza seus efeitos em 2038, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Cronograma de recuperação da VN de Reserva Legal nos biomas Amazônia (Cenário 1) e Cerrado (Cenário 2), de acordo com o permitido no artigo 66, § 2.º, do CF

| Período | Área Recuperada (acumulada). Área de agropecuária convertida em *unused* (acumulada). Percentual Recuperado | Amazônia Cenário 1 | Cerrado Cenário 2 |
|---|---|---|---|
| De 2018 a 2020 | 10% | 447 mil hectares | 503 mil hectares |
| De 2020 a 2022 | 20% | 894 mil hectares | 1,00 Mha |
| De 2022 a 2024 | 30% | 1,34 Mha | 1,50 Mha |
| De 2024 a 2026 | 40% | 1,78 Mha | 2,01 Mha |
| De 2026 a 2028 | 50% | 2,23 Mha | 2,51 Mha |
| De 2028 a 2030 | 60% | 2,68 Mha | 3,01 Mha |
| De 2030 a 2032 | 70% | 3,12 Mha | 3,52 Mha |
| De 2032 a 2034 | 80% | 3,57 Mha | 4,02 Mha |
| De 2034 a 2036 | 90% | 4,02 Mha | 4,52 Mha |
| De 2036 a 2038 | 100% | 4,47 Mha | 5,03 Mha |

Fonte: Adaptado de Brasil (2012a) e Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016).



[5] A recomposição da Reserva Legal deverá atender aos critérios estipulados pelo órgão competente do Sisnama e ser concluída em até 20 (vinte) anos, abrangendo, a cada 2 (dois) anos, no mínimo 1/10 (um décimo) da área total necessária à sua complementação (BRASIL, 2012).

Os choques implementados já descontam a VN existente; portanto, só foram considerados os déficits que realmente devem ser restaurados pelos setores produtivos e que, por conseguinte, afetam o sistema econômico. Assim, o choque de política é a redução percentual na utilização do fator terra a ser adotada pela agropecuária para se adequar às exigências de RL.

Por fim, o fechamento do modelo determina o conjunto de variáveis endógenas e exógenas nas simulações, bem como as hipóteses sobre a economia e seus ajustes aos choques de política, conforme destacam Dixon e Rimmer (2008). Nesse sentido, assumiu-se as seguintes premissas teóricas sobre o funcionamento do modelo:

- Ocorre uma mudança salarial real que impulsiona o movimento de trabalho entre regiões e atividades (mas não entre categorias de trabalho). A oferta total de mão de obra é aumentada de acordo com projeções oficiais do IBGE;
- O capital acumulado entre os períodos segue a regra da dinâmica do investimento. Ainda, o estoque de capital é atualizado com base no preço do capital novo, ou seja, com o preço do início do período;
- O consumo regional está ligado à renda salarial regional e ao consumo doméstico nacional. Além disso, a demanda de gastos governamentais segue a demanda regional real das famílias;
- O deflator do PIB é numerário, isto é, o preço de referência do modelo. Assim, os demais preços devem ser interpretados como variações em relação ao deflator;
- A balança comercial brasileira é uma porcentagem do PIB real. Assim, no longo prazo, essa conta tende ao equilíbrio (a zero); e
- Aplicou-se, também, um fechamento de longo prazo, em que a produção se ajusta endogenamente às novas condições de utilização do fator de produção terra.

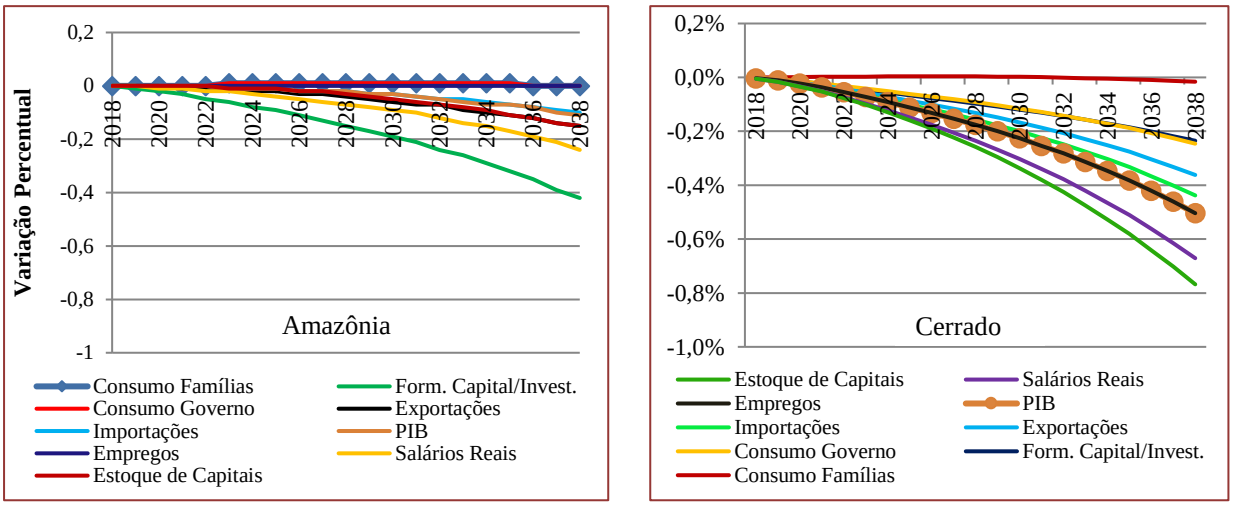
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os choques foram aplicados considerando que o proprietário irá recuperar a VN de RL no próprio imóvel onde ocorreu o desmate ilegal, ainda que isso implique a conversão de áreas usadas na agropecuária em VN. Assumiu-se ainda, em razão dos custos envolvidos, que a recuperação da VN será realizada de forma gradativa, em até 20 anos, com início provável em 2018 e término previsto para 2038, conforme estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 2012a).

Dessa forma, o cenário das simulações foi construído para representar um choque de longo prazo nos estados que abrigam os biomas Amazônia e Cerrado, responsáveis por mais de dois terços dos déficits totais de RL. Logo, a análise dos resultados terá por base o ano de 2038, data prevista para o fim da implementação da política. Ademais, com base em Brasil (2012a) e Freitas, Sparovek e Matsumoto (2016) implementou-se a restauração de 4,47 Mha de VN de RL na Amazônia e 5,03 Mha no Cerrado, que representam as áreas ilegalmente desmatadas em propriedades rurais nesses biomas.

A Figura 1 mostra as principais variáveis macroeconômicas no modelo sendo afetadas negativamente pela política. Isso, por resultarem de uma restrição no uso da terra, insumo fundamental para a atividade agropecuária e, portanto, para as economias regionais e nacional.

**Figura 1** – Impacto da recuperação da VN para RL, nos biomas Amazônia e Cerrado, nas variáveis macroeconômicas brasileiras. Desvios da política em relação ao cenário de referência, em variação percentual (%) acumulada entre 2018 e 2030




Fonte: Resultados do modelo.

A implementação da política pode implicar na redução do PIB em cerca de 0,5% nos dois cenários. Essa performance pode ser explicada pela variação do preço dos fatores de produção, por exemplo, a terra tende a encarecer com a restrição à oferta de novas áreas. Como consequência, tem-se a redução da taxa de retorno bruta, isto é, da lucratividade, em decorrência da redução mais pronunciada do aluguel do capital em relação aos custos dos investimentos. Com isso, as firmas obtêm uma renda do capital menor que os gastos com o custo dos investimentos, o que não incentiva o crescimento dessa variável. Assim, tem-se a redução dos investimentos e, consequentemente, do estoque de capital, que por sua vez, reduz o produto e o PIB. Isso desencadeia também a redução do consumo das famílias e do governo, conforme estabelecido no fechamento do modelo. Assim, a redução da renda e do consumo diminui o volume importado.

Os resultados também mostram que a diminuição na área disponível para a agropecuária provocou também o aumento no preço da terra. No estado de Rondônia e na agregação Amazônia composta pelos estados do Acre, Amazonas, Roraima e Amapá, no Bioma Amazônia, pode haver o maior aumento percentual no preço da terra, 58% e 28% respectivamente. No Bioma Cerrado os maiores aumentos no preço da terra podem ser observados nos estados do Maranhão e Piauí (18%) e no Mato Grosso (16%) onde, assim como em Rondônia e na agregação Amazônia, a maior parte das terras disponíveis para agropecuária já estão sendo utilizadas.

A restrição na oferta de terra, como destacado anteriormente, pode elevar o preço desse fator de produção. Por conseguinte, as atividades intensivas sofrem o impacto do encarecimento da terra e tendem a apresentar as maiores perdas em termos de produção, em especial, a atividade agropecuária.

No Bioma Amazônia, por exemplo, a pecuária, tanto a leiteira quanto a de corte, é a atividade que pode apresentar as maiores reduções na produção, em termos percentuais (Tabela 4). Isso ocorreria em razão do modelo atualmente utilizado nesse sistema produtivo, baseado na criação extensiva, que exige grandes extensões de terras de pouco valor econômico.

**Tabela 4** - Variação percentual na produção agropecuária (toneladas/litros), em relação ao cenário de referência, após o choque político, nos estados que abrigam o Bioma Amazônia, acumulada entre 2018-2038

| PRODUTO | AM | RO | PA/TO | MA | MT |
|---|---|---|---|---|---|
| Milho | -24,92 | -8,20 | -5,30 | 0,06 | -2,05 |
| Trigo | -51,58 | -6,75 | -4,73 | -2,08 | -2,50 |
| Cana-de-açúcar | -2,28 | -2,68 | 1,13 | -0,34 | 0,17 |
| Soja | -41,31 | -1,40 | -2,07 | -1,27 | -1,60 |
| Mandioca | -26,14 | 4,06 | 3,12 | 2,57 | 1,20 |
| Fumo | -20,87 | 1,60 | -0,21 | -0,66 | -0,61 |
| Algodão | -16,54 | 1,11 | 1,02 | -0,22 | -0,4 |
| Frutas Cítricas | -23,87 | 2,97 | 0,56 | -0,49 | -1,04 |
| Café | -19,34 | 0,13 | 0,82 | -0,63 | -0,94 |
| Silvicultura | -38,88 | -0,60 | -8,85 | -1,41 | -1,48 |
| Pecuária Corte | -76,74 | -4,94 | -12,71 | 2,63 | -1,90 |
| Pecuária Leiteira | -76,91 | -1,57 | -11,96 | -0,10 | -2,20 |

Fonte: Resultados do modelo.

A provável redução na produção pecuária, principalmente na agregação Amazônia (Tabela 4), pode ser explicada também pelo fato de que, de acordo com o modelo, os espaços ocupados por pastagens nessa região seriam responsáveis por cederem a maior parte da área necessária para a restauração da VN para áreas de RL. As pastagens apresentam valor inferior às terras já mecanizadas e propícias à agricultura, atividade que se torna mais lucrativa do que a pecuária.

A restrição do insumo terra também causaria a diminuição da produção agropecuária no Bioma Cerrado. Os estados do Maranhão, Piauí, Bahia e Mato Grosso apresentariam as maiores quedas percentuais na produção agropecuária. O cultivo de arroz, principalmente nos estados do Maranhão e Piauí, é o que apresentaria maior queda percentual, conforme mostra a Tabela 5.

**Tabela 5 -** Variação percentual na produção agropecuária (toneladas/litros), em relação ao cenário de referência, após o choque político, nos estados que abrigam o Bioma Cerrado, acumulada entre 2018-2038

| PRODUTO | PA/TO | MA/PI | BA | MT | GO/DF | MS | MG | SP | PR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arroz | -4,49 | -15,2 | -10,8 | -8,83 | -0,79 | 0,57 | -7,39 | 2,34 | 3,43 |
| Milho | -0,44 | -0,94 | -1,21 | -0,58 | -0,22 | 0,18 | -1,13 | -0,15 | 0,06 |
| Trigo | -2,00 | -7,61 | -10,3 | -7,86 | -1,95 | -0,82 | -7,19 | -0,82 | 0,14 |
| Cana-de-açúcar | 0,17 | 0,94 | -0,78 | 0,82 | -0,08 | -0,23 | -0,33 | -0,22 | -0,22 |
| Soja | -0,09 | -4,15 | -6,37 | -4,93 | -0,25 | 0,27 | -3,67 | -0,35 | 0,15 |
| Mandioca | 0,91 | -1,85 | -5,15 | -3,15 | 0,29 | 0,62 | -3,59 | -0,24 | 0,24 |
| Fumo | -0,41 | -3,49 | -3,37 | -4,7 | -0,79 | -0,31 | -4,69 | -0,63 | 0,15 |
| Algodão | 3,53 | 2,24 | -2,42 | -0,64 | 2,25 | 2,36 | -0,66 | 1,80 | 2,44 |
| Frutas Cítricas | 1,15 | -0,85 | -3,58 | -3,59 | 0,47 | 0,70 | -2,58 | -0,24 | 0,66 |
| Café | 0,98 | -0,23 | -4,36 | -2,51 | 0,72 | 0,94 | -2,72 | 0,03 | 0,73 |
| Silvicultura | -1,78 | -14,7 | 0,30 | -6,72 | -0,66 | 1,52 | -1,05 | 0,13 | 0,48 |
| Pecuária | -1,75 | -6,58 | -0,31 | -0,78 | -1,83 | 0,06 | -1,06 | 0,66 | 1,15 |
| Pecuária de Leite | -1,38 | -4,96 | -0,73 | -0,83 | -1,84 | 0,15 | -1,39 | 0,66 | 0,21 |

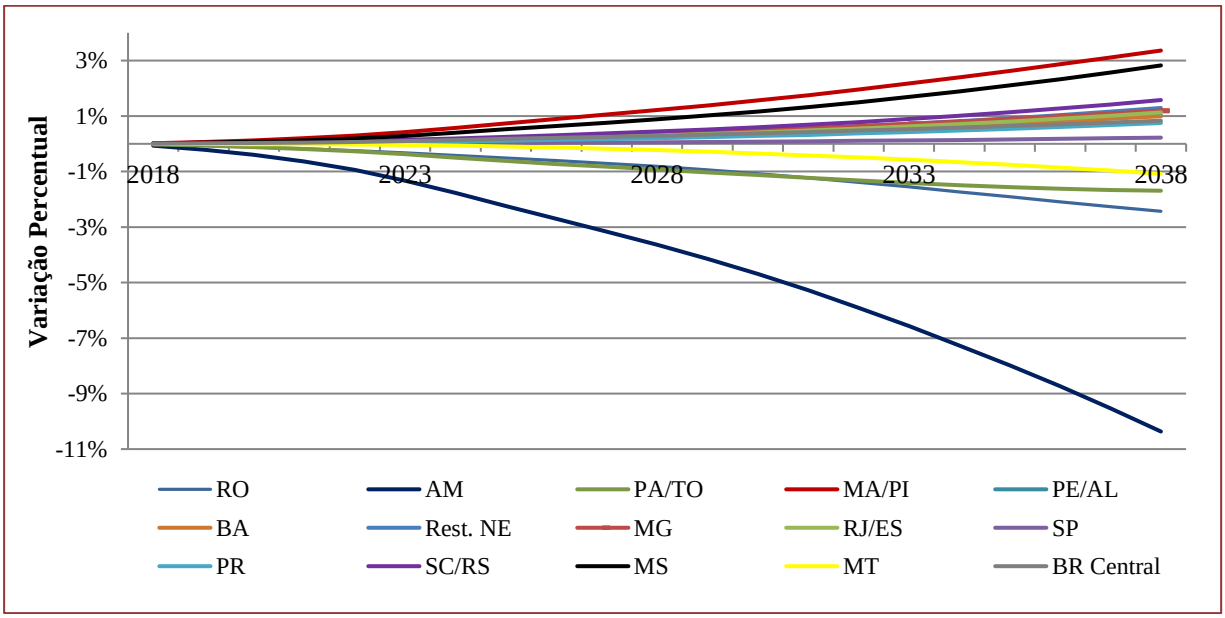
Fonte: Resultados do modelo.

Isso pode ser explicado pela extensão da área cultivada nesses dois estados, que são responsáveis por mais de 90% da produção de arroz na Região Nordeste. Na safra de 2016/17, nos dois estados, foram plantados 205,7 mil hectares de arroz, que produziram cerca de 402,2 mil toneladas do produto (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

Assim, diferentemente do que poderia ocorrer no Bioma Amazônia, onde as áreas de pastagens seriam as que mais cederiam espaço para a recuperação da VN da RL, no Cerrado as áreas destinadas ao cultivo também cederiam espaço para a constituição de VN. Isso ocorreria em razão da vocação agrícola do Cerrado, principalmente para a produção de grãos. Desse modo, espaços atualmente destinados às lavouras, como as de arroz, ainda que dotados de grande valor agregado, seriam substituídos por VN.

A redução da produção também implica menor demanda por mão de obra e, consequentemente, redução dos salários pagos, principalmente nas regiões e atividades ligadas ao choque, em especial a agropecuária. Nesse sentido, a mão de obra migrará para regiões onde a remuneração é maior, por exemplo, as famílias da Região Amazônica migrariam em busca de maiores salários e recolocação no mercado de trabalho, principalmente, nos estados que compõem o Matopiba e, também em Mato Grosso do Sul, conforme a Figura 2. Essas regiões têm a agropecuária como principal atividade econômica.

**Figura 2 –** Variação percentual da migração da força de trabalho em relação ao cenário de referência, entre os estados, acumulada de 2018 a 2038




Fonte: Resultados do modelo.

A redução do dinamismo econômico em setores intensivos em terra pode implicar na liberação de mão de obra e, portanto, no aumento do desemprego nos estados que estão no Bioma Cerrado. Isso pode dar início a um processo migratório de trabalhadores provenientes principalmente do Maranhão, Piauí, Bahia e Mato Grosso, rumo aos estados localizados no Bioma Amazônia, onde a agropecuária também é uma importante atividade produtiva local.

No contexto ambiental, os resultados mostram que a recuperação do déficit de RL, no Bioma Amazônia, promoveria a redução das emissões domésticas em até 3,15 milhões $tCO_2e$. Além disso, contribuiria para o cumprimento do compromisso de reflorestar a VN, em todo o país, conforme mostra Tabela 6.

**Tabela 6** - Variação das emissões de $CO_2e$., em toneladas e por bioma, após o choque da política sobre o cenário de referência construído para a Região Amazônica, acumulada entre 2018 e 2038

| | Amazônia | Cerrado | Caatinga | M. Atlânt. | Pampa | Pantanal | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Culturas | -389.750 | 5.396 | 462 | 34,94 | 0,13 | 26 | -383.829 |
| Pastagem | -3.385.690 | 24.657 | 2.536 | 9.302 | 0,46 | 3.215 | -3.345.978 |
| Silvicultura | -1.867 | 33 | -6 | 79,43 | 0,28 | 0 | -1.760 |
| Veg. Nativa | 595.716 | -11.381 | 3, | -1737 | -16 | -1.120 | 581.463 |
| Total | -3.181.590 | 18.705 | 2.995 | 7.678 | -15 | 2.121 | -3.150.105 |

Fonte: Resultados do modelo.

Todavia, a redução das emissões no Bioma Amazônia impulsionaria as emissões no Cerrado, em razão do provável direcionamento da nova expansão agrícola, que atualmente avança sobre os estados do Matopiba, principalmente em áreas de Bioma Cerrado. Nesses locais, que também têm suas economias baseada na atividade agropecuária, há excedentes de terras, os quais são suficientes para abrigar a demanda gerada pela recuperação das áreas de RL na Amazônia.

Ademais, a imposição da restauração das áreas de RL na Região Amazônica, as quais estavam sob o uso da atividade agropecuária, pode causar novos desmatamentos ilegais até mesmo no próprio bioma. Nesse sentido, a Tabela 6 mostra que as emissões da Vegetação Nativa podem aumentar em até 595 mil $tCO_2e$., indicando que proprietários rurais buscarão alternativas para compensar e repor as terras perdidas. Isso, provavelmente, pela abertura de novas áreas.

Os resultados também mostram que novas áreas agrícolas poderão ser abertas em outros biomas. Com isso, a implementação da política de recuperação de áreas de RL no Bioma Cerrado pode implicar no aumento das emissões totais em até 3,1 mil $tCO_2e$., conforme a Tabela 7.

**Tabela 7 -** Variação das emissões de $CO_2e$., em toneladas e por bioma, após o choque da política sobre o cenário de referência construído para o bioma Cerrado, acumulada entre 2018 e 2038

| **Tipo de uso** | **Amazônia** | **Cerrado** | **Caatinga** | **M. Atlântica** | **Pampa** | **Pantanal** | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Culturas | -155 | 11.768 | -39,3 | -4,72 | -0,035 | -4,42 | **11.565** |
| Pastagens | -738 | 19.367 | -1,31 | -92,2 | -0,358 | -25,9 | **18.510** |
| Silvicultura | -0,706 | 24,9 | 0,014 | -3,45 | -0,005 | 0 | **20,7** |
| *Unused* | 10.756 | -38.836 | 361 | 614 | 0,04 | 129 | **-26.976** |
| **Total** | **9.863** | **-7.675** | **320** | **513** | **-0,359** | **98,7** | **3.120** |

Fonte: Resultados do modelo.

O provável aumento das emissões pode ser explicado pelo fato de que, com a política, aumenta-se a demanda por novas terras no Cerrado, desencadeando a conversão de áreas de vegetação nativas em outros usos e, consequentemente, no aumento das emissões de GEE. Vale destacar que, sob a política, é permitido o desmatamento para a expansão da agropecuária. Com isso, a redução de áreas produtivas no Bioma Amazônia para recuperação da VN pode fomentar a abertura de novos espaços no Bioma Cerrado, o que é denominado de efeito transbordamento (*spillover effect*).

Assim, enquanto a recuperação de 4,47 Mha de VN do Bioma Amazônia pode promover a redução das emissões de GEE na ordem de 3,15 milhões $tCO_2e$. (Tabela 6); a restauração de 5,03 Mha de VN do Bioma Cerrado pode aumentar as emissões totais em 3,1 mil $tCO_2e$. (Tabela 7). Contudo, além da restauração da VN para RL, prevista pelo CF, são requeridas outras ações para conciliar a redução do desmatamento e das emissões dos GEE. Isso, aproveitando o potencial ambiental do Cerrado, a exemplo do Plano ABC (BRASIL, 2012b), que desenvolve e financia ações para promoção de uma agricultura de baixa emissão de carbono no Brasil. Ademais, a falta de fiscalização do uso da terra em todo o país inviabiliza o cumprimento da legislação vigente, o que representa um empecilho para a proteção da fauna e flora brasileira. O Cerrado, por exemplo, é o único bioma brasileiro sem legislação protetiva específica.

O cumprimento da obrigação de recuperar e manter a VN para constituição da RL florestal, nos biomas Cerrado e Amazônia, previsto no CF, pode afetar negativamente a performance econômica brasileira. No entanto, como essa política será implementada gradualmente os eventuais efeitos nocivos à economia serão distribuídos ao longo do tempo, em um horizonte temporal extenso. Assim, acomoda-se os impactos negativos gerados, como o desemprego e menor ritmo de crescimento econômico que poderá emergir em algumas regiões, em especial, naquelas cujas atividades econômicas são intensivas em terra.

Por fim, a recuperação de 5,03 Mha de floresta Amazônica pode custar 0,11% do PIB (Figura 3), ao passo que a restauração de 4,47 Mha de VN do Bioma Cerrado custaria 0,5% do PIB (Figura 4). Em outras palavras, a recuperação de 9,5 Mha de florestas, mais de dois terços do total de VN que deve ser recuperado em todo território nacional, custaria ao Brasil menos de 1% do PIB. Ainda, os custos dessa recuperação podem ser atenuados, pois o ônus da recuperação é distribuído ao longo de 20 anos. Portanto, os custos para a adequação ao CF podem ser internalizados pela sociedade, sobretudo porque os benefícios, climáticos e ambientais, são de longo prazo. Esse resultado pode se concretizar com o suporte internacional, na divisão do ônus da recuperação das áreas desmatadas. Isso, porque os benefícios por serem climáticos, têm abrangência global. Assim, a recuperação das áreas desmatadas nos biomas Amazônia e Cerrado é economicamente viável. No entanto, essa recuperação será eficaz desde que associada a ações de maior amplitude. Por exemplo, abarcando outros biomas e atenuando eventuais efeitos *spillover* de desmatamento e emissões que possam emergir em outras regiões do país.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo apresentar os principais impactos econômicos e ambientais da aplicação de um instrumento do Código Florestal (CF): a obrigação de recuperar e manter um percentual de VN nos imóveis rurais para Reserva Legal (RL), nos biomas Amazônia e Cerrado. Para isso, utilizou-se o modelo computável de equilíbrio geral TERM-BR. O modelo simulou os desdobramentos econômicos e ambientais dessa política em dois cenários: um para o bioma Amazônia e outro para o bioma Cerrado.

No primeiro cenário, foi aplicado um choque consistente na redução de 4,47 Mha nas áreas produtivas dos estados que abrigam o bioma Amazônia. No segundo cenário, aplicou-se uma redução de 5,03 Mha nas áreas produtivas das propriedades localizadas no Cerrado.

Os resultados indicaram, em ambos os cenários, que os choques são capazes de causar impactos negativos nas variáveis macroeconômicas do Brasil, principalmente na formação de capital e no estoque de capitais, em razão da restrição do fator de produção terra.

Verificou-se, também, uma provável queda na produção de determinados produtos agrícolas e um provável aumento no valor da terra nos estados atingidos pelos choques. Constatou-se, ainda, em ambos os cenários, que a queda na produção liberaria mão de obra que migraria para outros estados onde são desenvolvidas atividades econômicas ligadas ao uso da terra.

No que concerne à preservação ambiental, observou-se que a recuperação da VN, para constituição da RL, no bioma Amazônia, seria responsável pela redução de emissões de GEE na ordem de 3,15 milhões $tCO_2e$. Já a restauração de 5,03 Mha de VN do bioma Cerrado permitiria a redução de 7,67 mil $tCO_2e$. As áreas de pastagem seriam as que mais cederiam espaço para a recuperação da VN, principalmente no bioma Amazônia.

Apesar de promover reflexos econômicos significativos na produção agropecuária e na oferta de emprego nos estados localizados na Amazônia e no Cerrado, de uma maneira geral, pode-se concluir que a obrigação de recuperar a VN para constituição da RL florestal causará impactos pouco acentuados e que a economia poderá internalizar tais custos. A observância desse instrumento político do CF, de acordo com os resultados do modelo, comprometeria menos de 1% do PIB do país, além disso, esses efeitos seriam diluídos no tempo de toda a aplicação da política o que o torna ainda mais contornável. Para estudos futuros é relevante analisar como compensar os efeitos negativos (em termos de renda e emprego) dessa política de controle de desmatamento por meio da construção de políticas de desenvolvimento de emprego, renda e cadeias sustentáveis na região do bioma Amazônia e também da construção de uma rede de proteção social mais sólida para a região.



O CF, além da obrigação da restauração e manutenção da VN para constituição da RL, também apresenta outras ferramentas de regulação ambiental, como a obrigação de preservar e recuperar a VN das áreas de preservação permanente (APP), que são fundamentais, principalmente para a higidez dos cursos d'água.

Pode-se, também, em estudos futuros, analisar os impactos econômicos e ambientais da restauração e manutenção das APPs em todo território brasileiro.

Por fim, vale destacar que o emprego isolado dos instrumentos do CF pode não ser suficiente para o cumprimento das metas assumidas pelo Brasil no contexto internacional, bem como para promover as mudanças exigidas pelo mercado, consistente na mudança do atual sistema produtivo para um de baixo carbono. Assim, para alcançar seus objetivos, o Brasil precisa desenvolver ações políticas e institucionais coordenadas entre as diferentes esferas garantindo tanto a ampliação dos mercados consumidores dos produtos originários da Amazônia e do Cerrado, quanto à qualidade de vida das pessoas que habitam esses biomas que garantam a efetividade da construção de políticas de preservação dos recursos naturais no país.

## REFERÊNCIAS

[1] ALARCON, G. G.; YOHANNES, A.; FANTINI, A. C.; FARLEY, J.; SCHIMITT FILHO, A.; KOELLNER, T. Weakening the Brazilian legislation for forest conservation has severe impacts for ecosystem services in the Atlantic Southern Forest. Land Use Policy, v. 47, p. 1-11, set. 2015.

[2] BABATUNDE, K. A.; BEGUM, R. A.; SAID, F. F. Application of computable general equilibrium (CGE) to climate change mitigation policy: a systematic review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 78, p. 61-71, out. 2017.

[3] BANERJEE, O.; CICOWIEZ, M.; HORRIDGE, M.; VARGAS, R. A conceptual framework for integrated economic–environmental modeling. Journal of Environment & Development, v. 25 (3), p. 276-305, jul. 2016.

[4] BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. Natureza & Conservação, v. 14, sup. 1, p. 1-15, abr. 2016.

[5] BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012a. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis ns. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1993, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis ns. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Palácio do Planalto. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acessado em: 10 jun. 2020.

[6] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC. Brasília: MAPA/ACS, 2012a.

[7] CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. Relatório. Onde estamos na implementação do Código Florestal? Radiografia do CAR e do PRA nos estados brasileiros. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2019. Disponível em: <https://www.inputbrasil.org/publicacoes/onde-estamos-na-implementacao-do-codigo-florestal>. Acessado em: 10 ago. 2020.

[8] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra Brasileira, grãos, v. 4, safra 2016/17, maio de 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/conab-preve-supersafra-de-232-milhoes-de-toneladas-de-graos/boletim-graos-maio-2017.pdf>. Acessado em: 24 mai. 2020.

[9] COUTINHO, M. P.; MEDEIROS, J. D.; SORIANO, E.; LONDE, L. R.; LEAL, P. J. V.; SAITO, S. M. O Código Florestal atual (Lei Federal n. 12.651/2012) e suas implicações na prevenção de desastres naturais. Sustentabilidade em Debate, v. 4, n. 2, p. 237-356, jul./dez. 2013.

[10] DINIZ, T.; FERREIRA FILHO, J. B. Impactos econômicos do Código Florestal brasileiro: uma discussão à luz de um modelo computável de equilíbrio geral. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 53, n. 02, p. 229-250, abr./jun. 2015.

[11] DIXON, P. B.; KOOPMAN, R. B.; RIMMER, M. The MONASH Style of Computable General Equilibrium Modeling: a framework for practical policy analysis. In: DIXON, P. B.; JORGENSON, D. W. (Ed.). Handbook Of Computable General Equilibrium Modeling, v. 1A and 1B. Oxford: Elsevier, 2013. Cap. 2.

[12] DIXON, P. B.; RIMMER, M. T. Dynamic General Equilibrium Modelling for forecasting and policy: a pratical guide and documentation of Monash. Melbourne: Emerald, 2008.

[13] FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. Land Use Policy, v. 36, p. 595-604, jan. 2014.

[14] FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, M. Would trade liberalization help the poor of Brazil? Agricultural Distortions Working Paper, v. 106, jun. 2009.

[15] FERREIRA FILHO, J. B. S. Introdução aos modelos aplicados de equilíbrio geral: conceitos, teoria e aplicações. CRUZ, B. O et al. (org.). Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil. Brasília: Ipea, 2011. Cap. 12.

[16] FERREIRA FILHO, J. B. S.; RIBERA, L.; HORRIDGE, M. Deforestation control and agricultural supply in Brazil. Agricultural and Applied Economics, Oxford University Press, v. 97 (2), p. 589-601, mar. 2015.

[17] FREITAS; F. L. M.; SPAROVEK, G.; MATSUMOTO, M. H. A adicionalidade do mecanismo de compensação de reserva legal da lei n. 12.651/2012: Uma análise da oferta e demanda de cotas de reserva ambiental. In: SILVA, A. P. M.; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. (org.). Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. Cap. 5.

[18] FREITAS, F. L. M.; SPAROVEK, G.; MÖRTBERG, U.; SILVEIRA, S.; KLUG, I.; BERNDES, G. Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. Land Use Policy, v. 68, p. 189-199, nov. 2017.

[19] HARRISON, W. J.; PEARSON, K. R. An introduction to GEMPACK. GEMPACK Document n. 1, Monash University, Clayton, 6ª ed., oct. 1996. Disponível em: <http://www.monash.edu.au/policy/gpdoc.htm>. Acessado em: 10 jun. 2020.

[20] HORRIDGE, M.; ROKICKI, B. The impact of European Union accession on regional income convergence within the Visegrad countries. Regional Studies, Cornel University, jul. 2017.

[21] HORRIDGE, M. The TERM model and its data base. Centre of Policy Studies, Monash University, v. G-219, jul. 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-2876-9_2>. Acessado em: 10 jun. 2020.

[22] KRÖGER, M. Inter-sectoral determinants of forest policy: the power of deforesting actors in post-2012 Brazil. Forest Policy and Economics, v. 77, p. 24-32, abr. 2017.

[23] LA ROVERE, E. L. Low-carbon development pathways in Brazil and 'Climate Clubs'. WIREs Clim Change, v. 8, jan./fev. 2017.

[24] NESHEIM, I.; REIDSMA, P.; BEZLEPKINA, I.; VERBURG, R.; ABDELADHIM, M. A.; BURSZTYN, M.; CHEN, L.; CISSÉ, Y.; FENG, S.; GICHERU, P.; KÖNIG, H. J.; NOVIRA, N.; PURUSHOTHAMAN, S.; RODRIGUES-FILHO, S.; SGHAIER, M. Causal chains, policy trade offs and sustainability: analysing land (mis)use inseven countries in the South. Land Use Policy, v. 37, p. 60-70, mar. 2014.

[25] NUNES, F. S. M.; SOARES-FILHO, B. S.; RAJÃO, R.; MERRY, F. Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais state, Brazil. IOPscience, abr. 2017. Disponível em: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa6658/meta>. Acessado em: 10 jun. 2020.

[26] OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL (OCF). Código Florestal Brasileiro: avaliação 2012-2016. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.observatorioflorestal.org.br/sites/default/files/codigoflorestal_avaliacao2012.2016_ocf_ipam.pdf>. Acessado em: 10 fev. 2020.

[27] RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B. S. Cotas de reserva ambiental (CRA): viabilidade econômica e potencial do mercado no Brasil. 1. ed. Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015a. 72 p.

[28] RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B. S. Policies undermine Brazil's GHG goals. Science, v. 350, i. 6260, p. 519, out. 2015b.

[29] SANTOS, C. V.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Efeitos potenciais da política tributária sobre o consumo de alimentos e insumos agropecuários: uma análise de equilíbrio geral inter-regional. Revista RER, v. 45, n. 04, p. 921-962, out./dez. 2007.

[30] SANTOS, M.; FERREIRA FILHO, J. B. S.; VIERA FILHO, J. E. R.; YWATA, A. X. C. Impactos econômicos do novo Código Florestal na produção agropecuária brasileira. In. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 55º, 2017, Santa Maria (RS).

[31] SANTOS, C. V. Política tributária, nível de atividade econômica e bem-estar: lições de um modelo de equilíbrio geral inter-regional. 2006. 139 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-10052006-152813/pt-br.php>. Acessado em: 10 jun. 2020.

[32] SHOVEN, J. B. WHALLEY, J. Applying General Equilibrium. Cambridge University Press, 1992. 312 p.

[33] SHOVEN, J. B.; WHALLEY, J. Apllied General-Equilibrium Models of taxation and international trade: na introduction and survey. Journal of Economic Literature, v. 22, n. 3, p. 1007-1051, set. 1984.

[34] SILVA, J. G.; RUVIARO, C. F.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Livestock intensification as a climate policy: Lessons from the Brazilian case. Land Use Policy, v. 62, p. 232-245, mar. 2017.

[35] SOARES-FILHO, B. S. Impacto da revisão do Código Florestal: como viabilizar o grande desafio adiante? Secretaria de Assuntos Estratégicos do Brasil (SAE), 2013. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/artigo-codigo-florestal_britaldo_soares_sae_2013pdf.pdf>. Acessado em: 10 jun. 2020.

[36] SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. Science, v. 344, issue 6182, p. 363-364, abr. 2014.

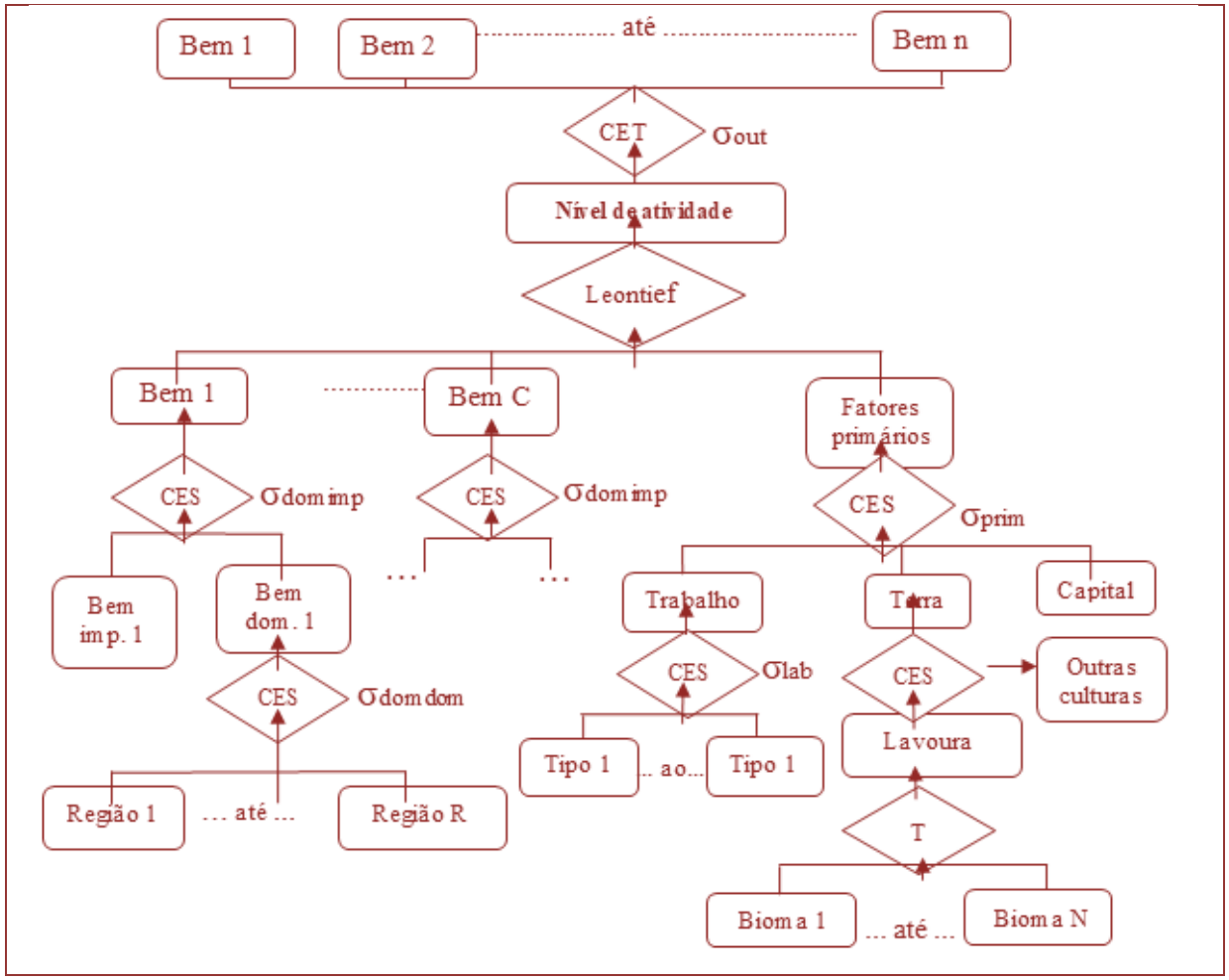
[37] SPAROVEK, G.; ANTONIAZZI, L. B.; BARRETTO, A.; BARROS, A. C; BENEVIDES, A.; BERNDES, G.; BRAGA, E. P.; CALMON, M.; GROKE JR., P. H.; MARQUES, F. N. A.; NOGUEIRA, M. P.; PINTO, L. F. G.; PRECIOSO, V. Sustainable bioproducts in Brazil: disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection. Biofuels Bioproducts & Biorefining – Biofpr, v. 10, issue 3, p. 204-221, mai./jun. 2016.

[38] SPAROVEK, G.; BENDES, G.; BARRETTO, A. G. O. P.; KLUG, I. L. F. The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? Environmental Science & Policy, v. 16, p. 65-72, fev. 2012.

[39] SPAROVEK, G.; BARRETTO, A. G. O. P.; MATSUMOTO, M.; BERNDES, G. Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. Environmental Science & Tecnology, v. 49, ago. 2015.

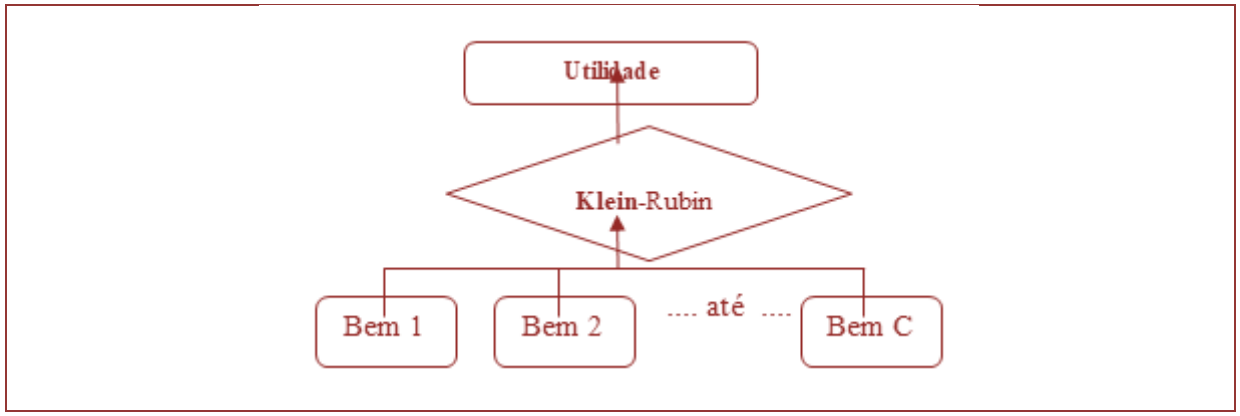
## APÊNDICES

**Figura 1 –** Estrutura de produção do modelo TERM-BR




Fonte: adaptado de Silva; Ruviaro; Ferreira Filho (2017)

**Figura 2 -** Estrutura da demanda das famílias no modelo TERM-BR




**Fontes:** adaptado de Horridge (2011).

# Capítulo 16

## *Mapeamento, quantificação e caracterização das áreas extrativas do caranguejo-uçá (Ucides cordatus) no sistema estuarino-lagunar de Cananéia (Litoral Sul de São Paulo, Brasil) utilizando geotecnologias*

*Luciana Cavalcanti Maia Santos*
*João Pedro Ocanha Krizek*
*Marisa Dantas Bitencourt*
*Marcelo Antonio Amaro Pinheiro*

Resumo: O sensoriamento remoto é uma ferramenta indispensável para o monitoramento de áreas de pesca, principalmente em ambientes estuarinos de manguezais. As imagens do satélite Landsat-8/OLI são ferramentas importantes para este fim, com alto potencial de mapeamento de áreas de manguezais e, portanto, de áreas pesqueiras do caranguejo *Ucides cordatus*, um dos mais importantes recursos de manguezal ao longo da costa brasileira. Neste estudo, mapeamos as áreas extrativistas de manguezais deste caranguejo no sistema estuarino-lagunar de Cananéia (SP), utilizando imagens do satélite Landsat-8/OLI. Aplicamos composições coloridas, discriminação visual e classificação supervisionada usando o SIG SPRING. Descobrimos que as melhores composições coloridas para análise visual são aquelas com componentes principais. Com base nos resultados obtidos, cinco setores extrativistas foram mapeados, e suas áreas de manguezais, quantificadas. Cada um dos setores apresentou características diferentes, sugerindo estratégias distintas de manejo pesqueiro. Concluímos que as ferramentas e técnicas de sensoriamento remoto aqui aplicadas podem ser utilizadas como subsídios para o mapeamento de Áreas Extrativistas e Áreas de Exclusão de Pesca, conforme aponta a proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-Uçá.

Palavras-chave: Landsat-8, geotecnologias, mapeamento pesqueiro, manguezal, *Ucides cordatus.*

## 1. INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais/subtropicais e sujeitos ao regime das marés (Schaeffer-Novelli, 1991), sendo responsáveis pela conservação de uma diversidade biológica única, incluindo espécies pesqueiras comerciais (FAO, 2007). Dentre estes recursos pesqueiros, destaca-se o caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), crustáceo decápode braquiúro semiterrestre, pertencente à Família Ucididae, que habita exclusivamente áreas de manguezal (Pinheiro & Fiscarelli, 2001). *Ucides cordatus* desempenha importante função socioeconômica à pesca artesanal costeira no Brasil, sendo sua captura uma das atividades extrativistas mais antigas em áreas de manguezais (Pinheiro & Fiscarelli, 2001), além de ser uma espécie-chave desses ecossistemas, onde desempenha um valioso papel ecológico, consumindo e degradando mais da metade da serapilheira disponível sobre o sedimento local (Krizek, 2021). Apesar dessa importância, vários estudos indicam uma redução expressiva dos estoques naturais dessa espécie (Pinheiro et al., 2018), fazendo dela uma espécie ameaçada de extinção. Neste contexto, em 2011 o IBAMA publicou uma proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-Uçá, o qual sugere que sejam implantadas para este recurso nos sistemas estuarino-lagunares brasileiros Áreas Extrativistas (AEs) e de Exclusão de Pesca (AEPs), por meio de técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e de informações já disponíveis para esta espécie (IBAMA, 2011). Portanto, para atender tal objetivo, é fundamental o mapeamento e a quantificação das áreas de manguezais onde ocorre a pesca dessa espécie (Santos et al., 2016).

Vários estudos têm demonstrado a potencialidade de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, para o estudo de manguezais, possibilitando o mapeamento e monitoramento desse ecossistema, fornecendo informações nos níveis locais, regionais e nacionais, que são muito importantes para a gestão costeira integrada do ecossistema e de seus recursos pesqueiros (Santos & Bitencourt, 2016). Dentre as imagens de satélite de média resolução espacial mais usadas para o estudo de manguezais, destacam-se aquelas da série Landsat (Santos & Bitencourt, 2016). O lançamento do mais recente satélite da série Landsat, em 11 de fevereiro de 2013, denominado Landsat 8, trouxe consigo novas possibilidades para a pesquisa no que diz respeito à produção de dados e informações espaciais, apresentando um conjunto de novos sensores, dentre eles o sensor espectral OLI (*Operational Land Imager*) (Soares et al., 2015). O sensor OLI possui resolução espacial de 15 m no pancromático e de 30 m no multiespectral, o que possibilita a geração de imagens de 15 m coloridas através de técnicas de fusão digital, ampliando a capacidade para novos estudos e aplicabilidades dos resultados para detecção de alvos (e.g. Krizek & Santos, 2021; 2022), levando em consideração as mudanças e inovações agregadas à resolução radiométrica, que estão quantificadas numa faixa dinâmica de 16 bits (Soares et al., 2015). O presente trabalho tem como objetivo mapear, caracterizar e quantificar manguezais dos cinco setores extrativos do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) em Cananéia (Litoral Sul de São Paulo, Brasil) utilizando imagens Landsat-8/OLI, e em especial investigar o potencial dessas imagens e de técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento de manguezais, e assim contribuir para uma futura elaboração de um plano de gestão para a pesca sustentável do caranguejo-uçá na área de estudo.

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho corresponde ao sistema estuarino-lagunar do município de Cananéia (25º01'S – 47º98'W), localizado no Litoral Sul de São Paulo (Figura 1). Ao longo das vastas áreas de manguezal desse estuário ocorre a pesca artesanal como uma das mais importantes atividades econômicas, destacando-se a pesca do caranguejo *U. cordatus*. Dessa forma, Cananéia detém o maior volume desse recurso registrado no Estado de São Paulo (Duarte et al., 2014), que corresponde a cerca de 71% da produção deste, abastecendo grande parte do mercado dessa pesca no Estado de São Paulo (PMAP, 2015).

### 2.2 TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO



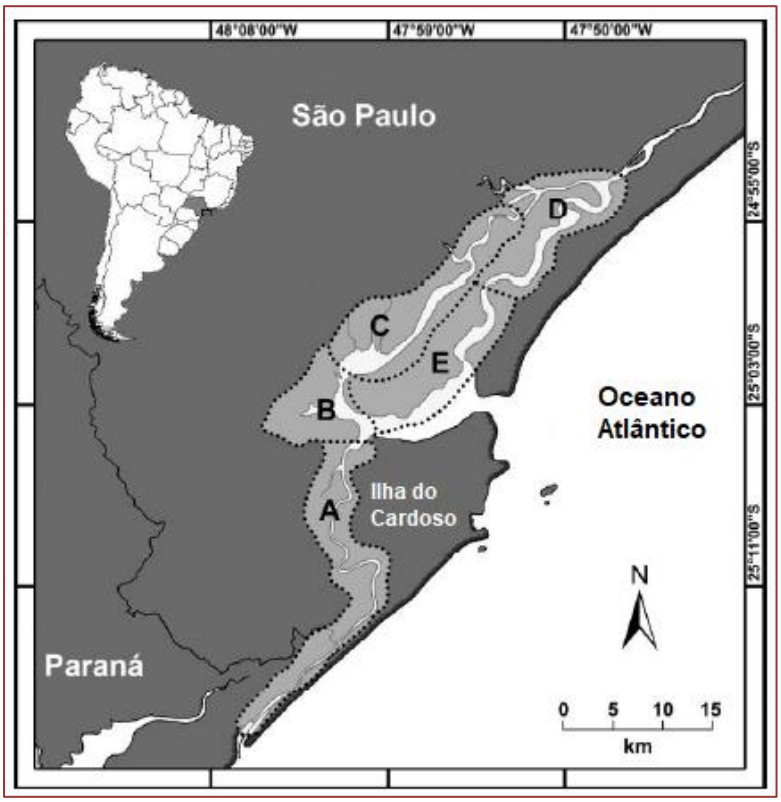
Imagens do satélite Landsat-8/OLI da região de Cananéia (Tabela 1) foram obtidas gratuitamente no site do Banco de Imagens da Divisão de Geração de Imagens do INPE (DGI/INPE): http://www.dgi.inpe.br/CDSR/. Para o processamento das imagens e das análises realizadas neste estudo, foi utilizado o programa SPRING. Inicialmente foi utilizado como base o banco de dados SIG-RB (Sistema

de Informações Geográficas do Ribeira de Iguape e Litoral Sul), o qual foi obtido gratuitamente no site: http://www.sigrb.com.br/, no formato Access, que foi ativado diretamente no SPRING. A escala de análise considerada no presente estudo corresponde a região do sistema estuarino-lagunar de Cananéia (Figura 1); assim, para delimitação dessa área foi utilizada a função de recorte de plano de informação sobre as imagens Landsat-8/OLI.

**Tabela 1.** Características das imagens de satélites utilizadas no presente estudo

| Satélite | Sensor | Resolução Espacial (m) | Bandas | Data | Ponto/Órbita |
|---|---|---|---|---|---|
| **LANDSAT 8** | OLI | 30 | 3,4,5 | 10/06/2015 | 220/077 |
| **LANDSAT 8** | OLI | 15 | 8 | 10/06/2015 | 220/077 |

**Figura 1.** Área de Proteção Ambiental (APA) de Cananéia-Iguape-Peruíbe (CIP), na região sudeste do Estado de São Paulo, mostrando os cinco setores pesqueiros (A a E) definidos para a pesca de *Ucides cordatus* no estuário de Cananéia. Imagem adaptada para o português de Duarte et al. (2014)




Primeiramente, as imagens Landsat-8/OLI foram registradas, baseando-se no mapa temático (formato vetorial) da malha viária do banco de dados do SIG-RB. Em seguida, foram produzidas diferentes composições coloridas, nas quais foi aplicado realce de contraste linear, selecionando-se a composição R(5)G(4)B(3). Posteriormente foram realizados procedimentos para a fusão das bandas multiespectrais com a pancromática, no SPRING, que incluem: transformações RGB→HIS→RGB, com a substituição da banda I pela banda pancromática do Landsat-8/OLI com 15 metros de resolução espacial. Também foi

realizada a técnica de análises por componentes principais (PCA), utilizando as bandas 3,4,5. Com esses dados gerados, foram produzidas diferentes composições coloridas.

A melhor composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3) foi utilizada para interpretação visual das áreas de manguezal, utilizando os elemento de cor, textura e localização (e.g. Santos et. al., 2014). Com base nessa análise foi procedida uma classificação supervisionada MAXVER utilizando as bandas 3,4,5. Um total de 23 amostras foram adquiridas e fornecidas ao classificador. Foi realizada uma pós-classificação, com peso 5 e limiar 4. Foi efetuado o mapeamento para classes temáticas, gerando-se um mapa temático em formato matricial das áreas de manguezal. Em função de algumas áreas terem sido classificadas erroneamente, foi precedida uma edição matricial para eliminação desses polígonos, utilizando-se como base a discriminação visual das áreas de manguezal na composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3).

Com base na sobreposição dos *layers* de composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3) e de classificação dos manguezais, foram criados cinco polígonos, por meio da função de edição vetorial, representantes de cada setor extrativo do caranguejo-uçá, utilizando-se como referência a descrição feita por Duran (2011). Cada polígono criado constituiu um plano de informação do modelo temático. Foi aplicado um recorte de plano de informação da classificação dos manguezais, utilizando como máscara cada polígono representativo de cada setor extrativo, e quantificou-se a área de manguezal. Foi utilizado o módulo SCARTA para produção dos mapas gerados no presente estudo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

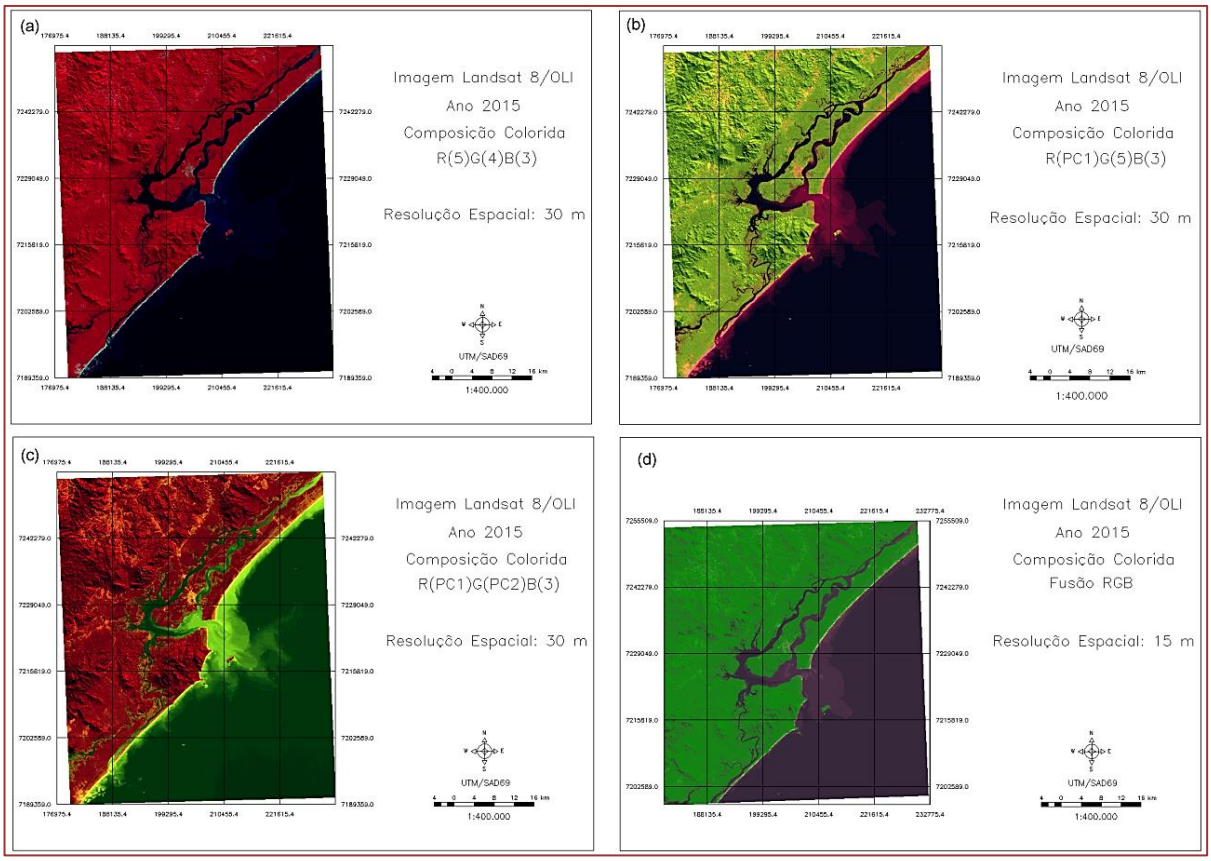
### 3.1. COMPOSIÇÕES COLORIDAS

A figura 2 ilustra as diferentes composições coloridas produzidas no presente estudo. A figura 2a corresponde à composição colorida R(5)G(4)B(3) das bandas originais da imagem Landsat-8/OLI, com resolução espacial de 30 m, o que possibilita razoável interpretação visual em escalas maiores. Nessa composição, observa-se que as áreas destacadas em matizes de vermelho correspondem às unidades da cobertura da terra com presença de vegetação, uma vez que esse alvo exibe maior reflectância na banda do infravermelho (B5), associada a cor vermelha nessa composição. A vegetação de manguezal é identificada nessa imagem por sua cor vermelho escura, textura média e distribuição/localização ao longo dos canais fluviais e de maré (Figura 3a). A cor mais escura dos manguezais em composições coloridas que utilizam as faixas do óptico e infravermelho ocorre devido à presença de água nesse ambiente, uma vez que a água é fortemente absorvida na faixa do infravermelho de ondas curta (Santos & Bitencourt, 2013). Entretanto, nessa composição, constatou-se certa dificuldade em se diferenciar visualmente os manguezais dos demais tipos de vegetação, tais como mata atlântica, o que não ocorreu nas outras composições (Figuras 3b, 3c), em que se utilizaram imagens derivadas das bandas originais, tais como as principais componentes, nas quais os manguezais puderam ser claramente discriminados dos demais tipos de vegetação.

A figura 2b corresponde à composição colorida R(PC1)G(5)B(3), originada pela primeira componente principal da PCA, e pelas bandas 3 e 5 da imagem Landsat 8/OLI. Nessa composição, observa-se que áreas destacadas em matizes de verde correspondem às unidades da cobertura da terra com presença de vegetação, onde os manguezais são identificados pela textura média e cor verde escura com presença de manchas magenta e distribuição ao longo dos canais fluviais e de maré (Figura 3b). De modo semelhante, a figura 2c que corresponde à composição colorida R(PC1)G(PC2)B(B3), originada pelas duas primeiras componentes principais e pela banda 3 da imagem Landsat 8/OLI, apresenta as áreas de manguezais bem diferenciadas dos demais alvos de vegetação, sendo identificados pela nítida cor marrom (Figura 3c). Deste modo, esta foi a melhor composição colorida para a discriminação visual das áreas de manguezal. Este resultado, no qual as composições com presença de principais componentes apresentam maior potencial para análise visual de áreas de manguezal, também foi constatado por outros trabalhos (e.g. Santos et al., 2014), sendo assim indicada como uma das mais importantes técnicas de sensoriamento remoto para discriminação de áreas de manguezal (e.g. Green et al., 1998). A PCA é utilizada para remover ou reduzir a redundância dos dados multiespectrais (Rosa, 2003), uma vez que bandas individuais de uma imagem multiespectral são altamente correlacionadas, ou seja, as bandas são similares visual e numericamente. Assim, a PCA gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam informações não disponíveis em outras bandas (INPE, 2008), gerando bons produtos em composições coloridas para a análise visual de áreas de manguezais, permitindo sua discriminação dos demais tipos vegetais.

Embora a literatura tenha apontado o potencial de técnicas de fusão de imagens multiespectrais do óptico com a banda pancromática para ganho de resolução espacial em composições coloridas, destacando assim a função da banda pancromática do sensor OLI, no presente estudo não se obteve bons resultados com a aplicação dessa técnica (Figura 2d). A fusão RGB da imagem Landsat 8/OLI com sua banda pancromática (Figura 2d) apresentou resolução espacial de 15 m, evidenciando desse modo o ganho em resolução espacial por meio da aplicação dessa técnica. Entretanto, observou-se que na composição colorida os manguezais não puderam ser discriminados dos demais tipos de vegetação, tais como mata atlântica, por meio dos atributos de cor e textura e, portanto, essa imagem não se apresentou adequada para a análise visual dos manguezais. Tal resultado deve estar associado à perda de informação espectral resultante da técnica de fusão das bandas, por meio da transformação RGB-IHS-RGB.

**Figura 2.** Composições coloridas geradas do presente estudo




A figura 4a corresponde a classificação supervisionada MAXVER da classe manguezal com a composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3) como imagem de fundo. Com base nas amostras fornecidas, o classificador MAXVER apresentou bom desempenho em classificar as áreas de manguezal. Houveram apenas poucas áreas classificadas erroneamente, sobretudo áreas de vegetação com presença de solo encharcado próximas a linha de costa, o que conduziu o classificador a discriminá-las como manguezal. Esse problema foi resolvido por meio da edição matricial, na qual essas áreas foram eliminadas da classificação, utilizando como base a análise visual da composição R(PC1)G(PC2)B(3). Assim destaca-se o potencial do classificador MAXVER como importante técnica de sensoriamento remoto para detecção de áreas de manguezal, como já apontado pela revisão feita por Green et al. (1998), e em outros estudos que mapearam áreas de manguezal (e.g. Santos et al., 2014). Por meio dos resultados gerados com a classificação MAXVER, foi quantificada a área total ocupada pelos manguezais no sistema estuarino-lagunar de Cananéia, que corresponde a 89,77 km$^2$ (Tabela 2), uma significativa área de manguezal para a zona costeira do Estado de São Paulo.

**Figura 3.** Detalhe das áreas de manguezal e mata atlântica para diferenciação na análise visual, em diferentes composições coloridas de imagens Landsat 8/OLI. (a) R(5)G(4)B(3). (b) R(PC1)G(5)B(3). (c) R(PC1)G(PC2)B(3)

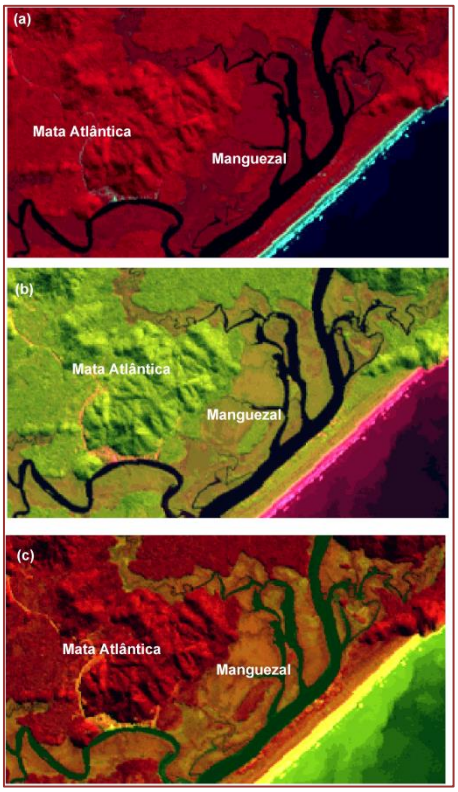
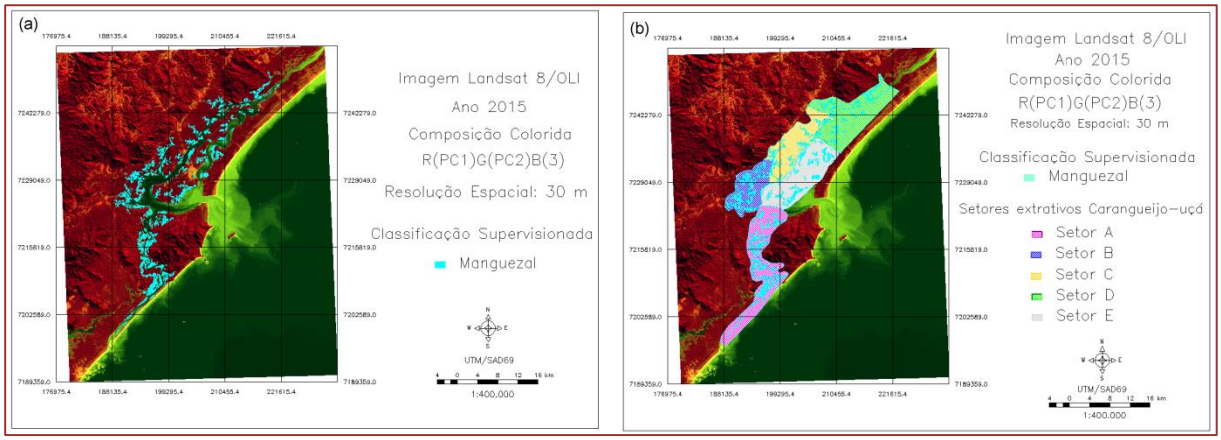



**Figura 4.** (a) Classificação supervisionada das áreas de manguezais. (b) Mapa dos setores extrativos do caranguejo-uçá




## 3.2. MAPEAMENTO DOS SETORES EXTRATIVOS DO CARANGUEJO-UÇÁ

A figura 4b corresponde ao mapeamento dos cinco setores extrativos do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) nos manguezais do sistema estuarino-lagunar de Cananéia. Esse mapeamento foi realizado com base na classificação MAXVER dos manguezais e na descrição qualitativa da área feita por Duran (2011). Dessa forma, constata-se que essa técnica de sensoriamento remoto foi fundamental para quantificar e delimitar espacialmente as áreas de manguezal em cada setor. No geral, observa-se que essa área apresenta grande extensão de habitats de manguezal (Tabela 2), o que pode explicar o grande papel produtor de Cananéia na pesca do caranguejo-uçá na costa de São Paulo, como relatado nos boletins estatísticos da pesca nessa

área (e.g. PMAP, 2015). Apesar do potencial para a pesca desse recurso, Cananéia apresenta setores distintos de extratividade do caranguejo-uçá. A densidade e abundância dessa espécie em áreas de mangue são influenciadas por fatores abióticos, bióticos e antropogênicos. Entre eles, destacam-se o nível de maré de enchente, a pressão da pesca, o estado de conservação do mangue e a composição da vegetação (Pinheiro et al., 2018), fatores que podem variar entre os setores, e que evidencia que diferentes estratégias de manejo da pesca de *U. cordatus* devem ser utilizadas em setores distintos (Tabela 2).

O setor A apresentou a maior área de manguezais dos setores, com 31,28 km$^2$, abrigando mais de um terço dos manguezais de Cananéia. (Tabela 2). É a área mais distante do centro urbano do município e apresenta a ocorrência de manguezais no extremo sul de Cananéia até a divisa com o Estado do Paraná. De acordo com Duran (2011), este setor é habitado por comunidades de pescadores artesanais e próximas de alguns pequenos bairros continentais (Ariri e Taquari). Os manguezais desse setor tem distribuição ao longo de estreitos e pequenos canais de marés no sentido sul. Caracteriza-se como o setor mais preservado devido a pouca ação antrópica, ressaltando a importância da preservação dos manguezais e políticas de manejo adequado da população de *U. cordatus*. O setor B, localizado na porção continental abriga cerca de 18% dos manguezais de Cananéia (Tabela 2). De acordo com Duran (2011) este setor é caracterizado por extensas áreas de manguezal, compreendendo duas Reservas Extrativistas (RESEX), Mandira e Taquari, o que ressalta medidas de manejo que visem o uso sustentável desse recurso dentro das RESEX.

O setor C apresentou a menor área de manguezais dos setores estudados, representando apenas 12 % dos manguezais de Cananéia (Tabela 2), estando localizado na parte continental. Próximo a este, encontra-se o setor E, porém na parte insular de Cananéia, e apresentando média extensão de manguezais (Tabela 2). Tal setor é o que apresenta maior interferência antrópica se comparado aos outros setores extrativos, estando localizado próximo ao centro urbano, com influência de bairros residenciais, casas de veraneio, condomínios fechados e estruturas turísticas diversas (Duran, 2011). Apesar da influência antrópica, a pesca do caranguejo-uçá é uma atividade importante nesses dois setores – portanto destaca-se a importância de se entender, quantificar e caracterizar a distribuição espacial dos manguezais, sobretudo para avaliar a qualidade do habitat de *U. cordatus*. À vista disso, devido os setores C e E apresentarem importantes sítios de captura do caranguejo-uçá e estar circundada por núcleos de interferência antrópica, ressalta-se a necessidade de medidas de planejamento e gestão ambiental que visem ao manejo e à conservação dos manguezais deste setor frente ao crescimento urbano.

Por fim, o setor D apresentou áreas de manguezais próximas a média de outros setores, representando 17 % dos manguezais de Cananéia (Tabela 2), sendo que os manguezais localizam-se na parte insular e continental em direção norte, recebendo menos influência da ação antrópica. De acordo com Duran (2011), o setor apresenta manguezais bastante desenvolvidos e preservados, além da presença de catadores do caranguejo-uçá de cidades próximas, como Ilha Comprida, que dependem economicamente da pesca nesses manguezais. Dessa forma, ressalta-se, para esse setor, medidas de manejo para o uso sustentável de *U. cordatus*.

**Tabela 2.** Setores extrativos do caranguejo-uçá em Cananéia, valores das áreas de manguezais e recomendações para a gestão pesqueira do caranguejo *U. cordatus*

| Setor Extrativo | Área (km$^2$) | Porcentagem (%) | Recomendações para a gestão |
|---|---|---|---|
| **A** | 31,28 | 34,84 | Conservação e uso sustentável |
| **B** | 16,16 | 18,00 | Uso sustentável |
| **C** | 10,91 | 12,15 | Manejo e priorização da conservação |
| **D** | 15,31 | 17,05 | Manejo e priorização da conservação |
| **E** | 16,11 | 17,95 | Uso sustentável |
| **Total** | 89,77 | 100 | - |

## 4. CONCLUSÕES

Geotecnologias, como SIGs e as imagens do satélite Landsat 8/OLI são ferramentas importantes e de grande potencial para o mapeamento de áreas de manguezais e, assim, das áreas de pesca do caranguejo *Ucides cordatus* ao longo da costa brasileira. Dentre as técnicas de sensoriamento aplicadas para tal objetivo, conclui-se que a utilização de principais componentes (PC1, PC2) em composições coloridas permite uma melhor discriminação visual das áreas de manguezal, em relação as bandas originais do Landsat-8/OLI. O classificador MAXVER apresentou excelente desempenho na classificação das áreas de manguezal, utilizando as bandas 3, 4 e 5 do OLI. As imagens e técnicas de sensoriamento empregadas no presente estudo podem ser utilizadas para atender o objetivo estipulado na proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-Uçá (IBAMA, 2011), visando o mapeamento de Áreas Extrativas (AEs) e de Exclusão de Pesca (AEPs), ao longo dos sistemas estuarinos brasileiros. As ferramentas de geotecnologias utilizadas no presente estudo são gratuitas e de fácil aquisição, apresentando, desse modo, potencial tanto técnico como econômico para serem consideradas na geração de informações que irão subsidiar a criação de medidas e estratégias de manejo para a pesca, o uso sustentável e a conservação do caranguejo-uçá no Brasil.

## REFERÊNCIAS

[1] Duarte, L.F.A.; Duran, R.S.; Mendonça, J.T.; Pinheiro, M.A.A. 2014. Fishery of the uçá crab Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) in a mangrove area in Cananéia, State of São Paulo, Brazil: fishery performance, exploitation patterns and factors affecting the catches. Brazilian Journal of Oceanography, 62(3): 187-199.

[2] Duran, R.S. Caranguejeiros e Caranguejos: A Captura do Caranguejo-Uçá, Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Ucididae), no Município de Cananéia (SP). Monografia (Graduação). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2011.

[3] FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. The world's mangrove 1980-2005. FAO Forestry Paper, nº 153.

[4] Green, E.P.; Clark, C.D.; Mumby, P.J.; Edwards, A.J.; Ellis, A.C. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. International Journal of Remote Sensing, 19: 935-956.

[5] IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011. Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável do Caranguejo-Uçá, do Guaiamum e do Siri-Azul. Brasília: Série Plano de Gestão.

[6] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2008. Manuais: Tutorial de Geoprocessamento. Disponível em http://www.dpi.inpe.br/spring. Acesso em set/2008.

[7] Krizek, J.P.O. 2021. Manguezais: ecossistemas que sustentam vidas. In: Valdir Lamim-Guedes. (Org.). Olhando através de um caleidoscópio: vida, sociedade e natureza. 1. ed. Dourados: UEMS,, p. 48-55.

[8] Krizek, J.P.O.; Santos, L.C.M. 2021. Protocolo metodológico para obtenção dos valores de reflectância e de NDVI de imagens Landsat 8/OLI utilizando LEGAL. Revista Brasileira de Geografia Física, 14(2): 869-880.

[9] Krizek, J.P.O.; Santos, L.C.M. 2022. Protocolo metodológico para obtenção dos valores de radiância, emissividade e temperatura de superfície de imagens Landsat 8 utilizando LEGAL. Revista Brasileira de Geografia Física. No prelo.

[10] Pinheiro, M.A.A.; Fiscarelli, A.G. 2001. Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo-Uça (Ucides cordatus). Jaboticabal: UNESP/CEPSUL/IBAMA.

[11] Pinheiro, M.A.A.; Souza, M.R.; Santos, L.C.M.; Fontes, R.F.C. 2018. Density, abundance and extractive potential of the mangrove crab, Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae): subsidies for fishery management. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 90(2): 1381-1395.

[12] PMAP – Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina do Instituto de Pesca. 2015. Disponível em http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/. Acesso em set/2008.

[13] Rosa, R. 2003. Introdução ao sensoriamento remoto. 5. ed. Uberlândia: Edufu.

[14] Santos, L.C.M.; Bittencourt, M.D. 2013. Imagens CBERS para o estudo de manguezais do Brasil: aplicações, potencialidades e limitações. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) XVI. Foz do Iguaçu: INPE.

[15] Santos, L.C.M.; Bitencourt, M.D. 2016. Remote sensing in the study of Brazilian mangroves: review, gaps in the knowledge, new perspectives and contributions for management. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 16(3): 245-261.

[16] Santos, L.C.M.; Rollo, M.M.; Costa, T.M. ; Pinheiro, M.A.A.; Dahdouh-Guebas, F.; Bitencourt, M.D. 2016. Spatial Analysis of a Coastal Area for Conservation and Fishery of Mangrove Edible Crab (Ucides cordatus). Journal of Coastal Research, v. 75: 685-689.

[17] Santos, L.C.M.; Matos, H.R.; Schaeffer-Novelli, Y; Cunha-Lignon, M.; Bitencourt, M.D; Koedam N.; Dahdouh-Guebas, F. 2014. Anthropogenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. Ocean & Coastal Management, 89: 39-50.

[18] Schaeffer-Novelli, Y. 1991. Manguezais brasileiros. Tese de Livre-docência. São Paulo: Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

[19] Schaeffer-Novelli, Y. 1995. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research.

[20] Soares, R.B: Soares, C.B.S.S; Costa, J.A.L; Costa, S.S; Soares, R.B. 2015. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRB) XVII. João Pessoa: INPE.

# Capítulo 17

## Sistemas Participativos de Garantia na agricultura familiar e na promoção do desenvolvimento rural sustentável[6]

*Guilherme Fontana Ramos*
*Janete Stoffel*
*Pedro Ivan Christoffoli*

Resumo: O presente artigo discute a atuação dos Sistemas Participativos de Garantia (SPGs) na promoção do desenvolvimento rural sustentável no âmbito da agricultura familiar brasileira. Para atender a este objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que consistiu na contextualização histórica sobre a produção agroecológica/orgânica no Brasil, criação e evolução de dispositivos legais referentes à certificação da produção orgânica. Posteriormente é apresentada uma discussão dos fatores evidenciados pelos SPGs, bem como contribuições e limitações para a promoção do desenvolvimento sustentável a partir da apresentação de estudos sobre diferentes experiências existentes no Brasil. Os sistemas agroalimentares agroecológicos se desenvolveram como alternativa ao modelo de produção promovido pela modernização da agricultura. Neste sentido, surgem as redes de agroecologia que, além de fomentarem a articulação da produção e comercialização, abordam temas como comércio justo e defesa dos territórios. A atuação destas redes está intimamente ligada ao surgimento dos Sistemas Participativos de Garantia, que emergem no âmbito da certificação orgânica como dispositivos de contestação à lógica da certificação por auditoria. Contudo, apesar de estes sistemas de certificação responderem de maneira mais ampla à realidade da agricultura familiar, são apontados motivos que dificultam o ingresso e a permanência das famílias agricultoras nestes sistemas. O artigo debate estes fatores, bem como discute as vantagens oferecidas por estes sistemas na superação de tais dificuldades.

Palavras-chave: Certificação Orgânica. Redes. Agroecologia. Sustentabilidade.

6 Uma versão prévia deste artigo foi apresentada no II Simpósio Latino-Americano de Estudos de Desenvolvimento Regional (II SLAEDR), organizado pelo Programa de pós-graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade de Ijuí (UNIJUÍ/RS), realizado em 2020.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir do crescimento da produção orgânica no país, surge a necessidade de sua regularização. Após discussões entre sociedade civil e poder público, é instituída, no ano de 1999, a primeira legislação que aborda a temática, a Instrução Normativa 007, de 17/05/1999 (BRASIL, 1999; FONSECA *et al.,* 2009).

Ao longo do tempo, a legislação foi complementada por outros instrumentos legais, tais como o decreto n° 6.323, de 27 de dezembro de 2007, que regulamenta a Lei nº10.831, de 23 de dezembro de 2003, que, entre outras disposições, trata sobre os Organismos de Avaliação de Conformidade (BRASIL, 2007). A legislação dividiu esses organismos de avaliação em três mecanismos: Certificação por Auditoria, Sistema Participativo de Garantia (SPG) e Organismo de Controle Social na Venda Direta (OCS) (BRASIL, 2007).

Segundo Hirata (2016), os OCS são definidos pela legislação como organismos formais ou informais, cadastrados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), formados por agricultores(as) familiares que objetivam a venda direta de suas produções. Nesses processos, os laços sociais estabelecidos entre agricultores(as) e consumidores(as) proporcionam a geração de confiança, prerrogativa que assegura a qualidade da produção. Nesta modalidade não ocorre a utilização do Selo do SisOrg (Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica).

Referente à Certificação por Auditoria, a autora esclarece que, nesta modalidade, a certificação é realizada por empresas certificadoras credenciadas junto ao MAPA. Muitas destas certificadoras procedem de acordo com as regras do mercado internacional, o que possibilita que os produtos certificados sejam vendidos no exterior. Diferente das certificações participativas, esta modalidade possibilita a certificação individual das unidades de produção, porém o custo da certificação é superior às outras duas formas (HIRATA, 2016).

Os SPGs são mecanismos de certificação constituídos por agricultores(as), consumidores(as), técnicos(as) e entidades que formam uma rede de produção e articulação da comercialização. Nestas redes são priorizados os circuitos curtos de comercialização, a venda direta através de feiras locais e a entrega de cestas de produtos orgânicos. Também a comercialização pode ocorrer por intermédio de grupos de consumidores(as), e recentemente através de mercados institucionais, como Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Neste contexto, este artigo tem como propósito suscitar uma discussão em torno da seguinte pergunta: os sistemas participativos de garantia contribuem para a promoção do desenvolvimento rural na perspectiva da agricultura familiar? Para atingir este objetivo, é apresentada uma contextualização histórica sobre a produção agroecológica/orgânica no Brasil, as influências e motivações que resultaram no crescimento deste segmento.

Posteriormente é abordada a evolução dos dispositivos legais referentes à certificação da produção orgânica, bem como a implantação de uma legislação que institui os SPGs e as características destes mecanismos. Em seguida, são discutidos fatores apresentados pelos SPGs, bem como contribuições e limitações para a promoção do desenvolvimento rural sustentável.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho foi alicerçado em procedimentos de análise exploratória por meio de consulta bibliográfica (GIL, 2002). Em sua elaboração, foram consultados materiais relacionados aos temas abordados ao longo do texto: livros, periódicos, artigos científicos, repositórios e plataformas tais como MAPA, Capes e Scielo. Foi aplicado como critério a consulta de artigos que apresentassem descritores como Agroecologia, Certificação Participativa, Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural Sustentável, sendo utilizado o idioma português como limitador da pesquisa.

Para a pesquisa nas bases de dados da Capes e Scielo, foi definido como critério de inclusão a escolha de artigos publicados entre os anos de 2000 e 2022, pois a regulamentação da produção orgânica no Brasil possui como marco regulatório o ano de 1999, período da publicação da Instrução Normativa 007/99, de 17 de maio de 1999, primeiro instrumento legal referente à produção orgânica no país (BRASIL, 1999). A pesquisa no banco de dados do MAPA foi realizada na seção referente aos “Orgânicos”, de onde foram extraídos os dados estatísticos e as legislações.

Inicialmente foi realizada uma leitura exploratória e pré-seleção do material, de acordo com as normas de inclusão preliminarmente definidas. Posteriormente realizou-se uma leitura seletiva e análise dos textos

para elaboração do trabalho. Após estas etapas, os assuntos estudados foram agrupados, para melhor organização do texto, conforme as seguintes temáticas: produção agroecológica no Brasil, certificação da produção orgânica, agricultura familiar, desenvolvimento rural, e experiências de SPGs em diferentes regiões do país.

Neste contexto, foi estudada a atuação da Rede Ecovida de Agroecologia, comentada no trabalho de Lovatel & Gazolla (2017), que dissertou sobre famílias de agricultores(as) familiares orgânicos(as) da região Extremo Oeste Catarinense, no sul do país, onde as principais características destas unidades de produção consistem em exploração somente da área própria, sendo estas em regiões declivosas, impróprias para mecanização, e a não contratação de força de trabalho externa.

Buscou-se, além disso, compreender a experiência de agricultores(as) familiares da Rede Borborema de Agroecologia, abordada por Silva (2015), que discorre sobre famílias localizadas na região do Agreste Paraibano, local em que as características climáticas são marcadas por períodos de estiagem que persistem por aproximadamente 5 a 6 meses, o que resulta em limitação da produção, dando preferência às culturas de cerqueiro, produção vegetal para subsistência e criação de pequenos animais, como os caprinos. Nesse trabalho são citados cultivos de palma e algodão como principais responsáveis pela melhoria de renda das famílias.

Na sequência, foram estudados 2 (dois) casos da região sudeste: o primeiro com agricultores(as) da região Fluminense de Seropédica, certificados(as) pela ABIO (Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro), relatados por Santos *et al.,* (2018), e o segundo sobre a constituição do SPG Sul de Minas, cujo território de atuação abrange a região sul mineira. Esta última região, retratada no trabalho de Hirata (2016), apresenta grandes altitudes, clima ameno e chuvoso, com o espaço rural ocupado predominantemente por pequenas propriedades, tendo como principal fonte de renda o cultivo de café, morango e hortaliças.

Com o intuito de ampliar a discussão, analisou-se a atuação da Rede APOMS (Associação dos Produtores Orgânicos de Mato Grosso do Sul), localizada na Região Centro-Oeste do país, relatada por Komuri *et al.,* (2012).

Somando a estes estudos, buscou-se entender a ação dos SPGs na região norte do país. Para isso foi investigada a atuação da Rede Maniva, localizada na região amazônica de Manaus. Esta Rede é composta por agricultores(as) familiares, grupos de consumidores(as) e técnicos(as) vinculados(as) a diversas instituições que visam à promoção da agroecologia. Esta organização iniciou, no ano de 2012, uma articulação para criação do SPG Maniva, sendo o processo de legalização concluído no ano de 2017 (WANDELLI *et al.,* 2015).

## 3. OS SPGs E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

Em termos de definição, neste trabalho consideram-se agricultores(as) familiares aqueles(as) que atendem aos seguintes requisitos: a direção dos trabalhos no estabelecimento deve ser exercida pelo produtor e sua família; a mão de obra familiar deve ser superior à contratada; a área máxima da propriedade deve estar dentro de um limite (que tem como parâmetro quatro módulos fiscais), que varia dependendo da região do país (GUANZIROLI e CARDIM, 2000). Neste sentido, Wanderley (1996, p. 2) complementa que

> É importante insistir que este caráter familiar não é um mero detalhe superficial e descritivo: o fato de uma estrutura produtiva associar família-produção e trabalho tem consequências fundamentais para a forma como ela age econômica e socialmente.

Algumas características deste segmento são também observadas por Caporal e Costabeber (2004). Estes autores compreendem que a atuação da agricultura familiar toma como base uma dinâmica que integra, em uma mesma estrutura, a unidade de produção, de consumo e reprodução, mediante uma lógica que concilia valores de uso e de mercadoria, visando sua reprodução. Este comportamento interage de maneira distinta da prática desenvolvida pela agricultura capitalista.



No que diz respeito ao tema desenvolvimento rural, Schneider (2010) trabalha a possibilidade de essa temática ser analisada a partir do enfoque agroalimentar, configurando, assim, uma nova abordagem

sobre o assunto. Neste sentido, as cadeias alimentares passam a serem visualizadas sob um novo ângulo, o qual difere da ótica empregada pela teoria econômica convencional.

Esta nova abordagem se ocupa com aspectos sociais presentes nos processos de integração de pequenos(as) agricultores(as) e/ou agricultores(as) familiares nas cadeias agroalimentares. Neste sentido, não são analisados somente fatores administrativos, comerciais e mercadológicos. Busca-se, então, estudar formas de enfrentamento que possam ser utilizadas por agricultores(as) familiares e suas organizações, junto aos desafios impostos pela conjuntura atual em que se encontra a agricultura e a produção alimentícia (SCHNEIDER, 2010; SCHNEIDER, SCHUBERT, ESCHER, 2016).

Já Kageyama (2004) interpreta distintas definições, concluindo que a ideia de desenvolvimento rural deve englobar aspectos econômicos aliados com aspectos sociais, ambos guiados pela diversificação das atividades responsáveis pela geração de renda. Neste contexto, o desenvolvimento rural deverá reportar-se a uma base territorial, sendo esta local ou regional, em que distintos setores produtivos atuam de maneira conjunta.

Na perspectiva da autora supracitada, os processos de desenvolvimento das áreas rurais e as diferentes funções dos(as) atores(as) nos territórios se modificaram ao longo do tempo. A função produtiva, inicialmente restrita à agricultura, se estendeu a diversas atividades, dentre elas a conservação ambiental. Neste contexto de construção de novos conceitos sobre o desenvolvimento do rural, a função ambiental passou a receber atenção especial (KAGEYAMA, 2004).

Ainda sobre esta temática, Kageyama (2004) aponta um conjunto de fatores que contribuem para o desenvolvimento rural. Tais fatores, segundo a autora, podem ser: a integração comercial das áreas rurais com mercados locais, a diversificação da produção, a pluriatividade da agricultura familiar, a diversidade das fontes de renda, e a produção voltada para mercados específicos ou nichos de mercados.

Já Navarro (2001) entende que o conceito de desenvolvimento rural foi sendo modificado ao longo do tempo. O autor discorre sobre a difusão do conceito “desenvolvimento rural sustentável”. Segundo ele, este surgiu em meados dos anos de 1980, a partir da popularização da expressão “desenvolvimento sustentável”. A expressão sustentável, neste caso, refere-se ao plano ambiental, sinalizando a necessidade de as estratégias de desenvolvimento rural aderirem em suas bases à dimensão ambiental.

Neste sentido, Gaspi e Lopes (2008) e Gregolin et al., (2019) entendem o desenvolvimento sustentável como um modelo que propõe gerenciamento mais adequado dos recursos ambientais, para que estes possam proporcionar às futuras gerações os mesmos benefícios usufruídos no presente, tanto no que diz respeito aos níveis de bem-estar social quanto aos benefícios econômicos.

Estas ideias, que direcionam o alcance do desenvolvimento rural sustentável, contradizem o modelo agrícola convencional de produção dos sistemas agroalimentares. Neste sentido, como forma de contestação a estes sistemas convencionais de exploração dos recursos naturais, surgem os sistemas agroalimentares agroecológicos. Estes sistemas, além de abordarem questões relacionadas ao âmbito produtivo e ambiental, se caracterizam por suscitar questionamentos políticos e socioeconômicos (BORSATTO, CARMO, 2013).

O desenvolvimento dos sistemas agroecológicos foi impulsionado por movimentos inicialmente denominados como agricultura alternativa. Tais movimentos surgiram no Brasil na década de 1970, com base em questionamentos sobre os impactos negativos, sociais e ambientais provocados por um modelo convencional de agricultura em expansão, o qual resultou em efeitos negativos para o campo (ALENTEJANO, 2020). Estes questionamentos geraram profundos debates entre grupos de extensionistas, estudantes e pesquisadores(as) das ciências agrárias e sociais que estavam à procura de alternativas de produção (SOUSA, 2017). Neste contexto, surge a agroecologia, compreendida como ciência, movimento político e prática social (ABA, 2015).

A agroecologia pode ser considerada uma nova abordagem que integra os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos, sendo estratégia de promoção da segurança alimentar, pois, ao desenvolver uma agricultura ambientalmente sustentável, torna-se capaz de oferecer alimentos com elevada qualidade biológica, em quantidades necessárias e de forma permanente (ALTIERI, 2001; CAPORAL, COSTABEBER, 2006).



No Brasil, a agroecologia incorpora diversas correntes das chamadas agriculturas alternativas, tais como agricultura orgânica, biodinâmica, natural, biológica, permacultura. Entretanto, para efeito de regulamentação legal, adotou-se a terminologia “agricultura orgânica”, embora nem sempre os métodos

utilizados para produção orgânica adotem princípios agroecológicos (ORMOND *et al.,* 2002; FONSECA *et al.,* 2009; CAMPANHOLA, VALARINI, 2001).

Estes sistemas agroalimentares agroecológicos/orgânicos apresentaram largo crescimento a partir da década de 1990. A expressiva adesão de agricultores(as) a estas dinâmicas produtivas foi fortalecida pela crescente procura por alimentos saudáveis, o que impulsionou a produção de base ecológica. Isto deve-se à busca por estilos de vida mais saudáveis, que levou ao desenvolvimento de nova consciência alimentar por parte dos(as) consumidores(as) (KRISCHKE, TOMIELLO, 2009).

Mediante o aumento da produção agroecológica/orgânica, torna-se necessária sua regulação através de legislação específica, a qual começa a ser implementada no Brasil em 1999. Após 5 anos da institucionalização da primeira legislação, que trata das diretrizes da produção orgânica, ocorre a regularização dos Sistemas Participativos de Garantia (SPGs). Após esta normatização, que se dá a partir do ano de 2003, o número de agricultores(as) vinculados legalmente a estes sistemas cresceu significativamente. No ano de 2019 existiam em torno de 6.800 agricultores(as) certificados(as) pelos Sistemas Participativos de Garantia, o que representava em torno de 33% dos cadastros registrados no CNPO (Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos) (BRASIL, 2019).

Os SPGs surgiram como alternativa para inclusão de agricultores(as) familiares no mercado de produtos orgânicos, visto que os altos custos da certificação por auditoria os(as) excluía do processo (BRITO, 2006). Concebida inicialmente como a única modalidade de certificação da produção orgânica, a certificação por auditoria, além de não fomentar a socialização entre atores(as), é vinculada a empresas internacionais ou grandes corporações que priorizam atender o padrão de mercados de produtos convencionais, cujos principais objetivos são exportação e abastecimento de grandes redes varejistas (OLIVEIRA *et al.,* 2016; MUNDO NETO *et al.,* 2017).

No que se refere aos SGPs, um de seus atributos é o chamado controle social, instrumento de garantia da conformidade legal da produção. Este é exercido por intermédio de dinâmicas coletivas, tais como as visitas de pares, de verificação, de olhares externos, os mutirões e encontros mensais (BRASIL, 2009).

As dinâmicas associativas, estimuladas pelos SPGs, fortalecem as relações sociais entre os(as) atores(as), além de promover trocas de experiências e conhecimentos. De acordo com Caporal e Costabeber (2000), estas metodologias contribuem para a resolução dos problemas que surgem a partir da introdução de novas práticas agrícolas na unidade de produção, no período de transição agroecológica. Tais problemas, afirmam os autores, dificilmente seriam solucionados através de ações individuais.

Neste sentido, os processos de transição agroecológica são compreendidos por Caporal e Costabeber (2004) como procedimentos sucessivos de alterações na forma de manejo dos agroecossistemas. Esses mecanismos objetivam superar um modelo de produção convencional produtivista, pautado, entre outras, no uso de agroquímicos, substituindo-o por um modelo de agricultura mais complexo, que visa à conservação e manejo dos recursos naturais.

O surgimento de inovações organizacionais, no caso os SPGs, se constitui como alternativa para facilitar o acesso de agricultores(as) familiares a novos mercados (WILKINSON, 2003), visto que a atual organização dos mercados agroalimentares é movida pela padronização e diferenciação dos alimentos, o que resulta em tendências desfavoráveis à inserção desses(as) agricultores(as) nos espaços (MALUF, 2004; SCHNEIDER, SCHUBERT, ESCHER, 2016).

## 4. EXPERIÊNCIAS DE SGPs NO BRASIL

Na perspectiva de Schneider (2010), o problema da produção de alimentos, salvo em regiões e países pobres, se apresenta como um fator quase superado. A partir desta análise, os novos desafios relacionados à produção alimentícia estariam direcionados à segurança alimentar e nutricional e à busca pela sustentabilidade. O autor ainda aponta a relevância em observar questões éticas e sociais na produção. Mediante esta análise, surge a noção de Redes de Produção, as quais conciliam aspectos sociais e técnicos como formas de superação da ideia de cadeia de produção.



Segundo Lovatel e Gazolla (2017), a produção alimentar de matriz agroecológica vinculada a uma Rede de Produção, neste caso a Rede de Agroecologia, se configura como alternativa para o alcance de desenvolvimento rural a partir da valorização das dinâmicas nos territórios.

Os autores supracitados estudaram grupos de agricultores(as) vinculados(as) à Rede Ecovida de Agroecologia[7]. Nesse trabalho foi possível concluir que a adesão dos(as) agricultores(as) aos SPGs teve diversas motivações sociais, ambientais e econômicas. Tendo em vista a relevância dos fatores sociais presentes nestes processos, tais considerações reforçam a importância da articulação das diferentes perspectivas na busca de desenvolvimento e sustentabilidade.

Lovatel e Gazolla (2017) concluíram que o fato de os(as) agricultores(as) familiares acessarem diferentes mercados locais e regionais reflete na relevância deste segmento em construir alternativas de comercialização a partir do exemplo das cadeias curtas, considerando que essas oferecem maiores possibilidades de diversificar a produção. A pluriatividade, orientada pelos princípios agroecológicos, contribui para o equilíbrio dos agroecossistemas, inserção social das famílias e maior lucratividade pela venda direta.

A diversificação dos cultivos é apontada por Kageyama (2004) como um dos fatores que contribuem para o desenvolvimento rural, pois, além de ser requisito para os SPGs, é característica da agricultura familiar. A produção diversificada é proporcionada pela complementaridade das atividades desenvolvidas nas unidades de produção, onde, para além do retorno econômico, por intermédio da comercialização, também são produzidos alimentos e bens de serviços para autoconsumo das famílias.

Este perfil produtivo, diversificado e em menor escala, proporciona o estabelecimento de vínculos de produção e comercialização em níveis regionais, orientados para produção, oferta e consumo de alimentos diferenciados (MALUF, 2004). Neste ínterim, segundo Kageyama (2004), tais fatores contribuem para o desenvolvimento rural em nível territorial.

Nos SPGs, as cadeias de organização produtiva e comercial transcorrem nos territórios a partir da mudança das relações verticais por relações horizontais, o que contribui para agregação de valor na produção (WILKINSON, 2003). Neste contexto, agregar valor à produção agrícola familiar e acessar o mercado de produtos orgânicos foram, segundo Silva (2015), os principais fatores de interesse de agricultores(as) familiares em assentamentos de reforma agrária da região Agreste Paraibano para a obtenção da certificação orgânica.

Conforme Silva (2015), estas famílias, atualmente associadas à Rede Borborema de Agroecologia, migraram, no ano de 2013, do sistema de certificação orgânica por auditoria para o SPG, por concluir, mediante suas próprias experiências, que a certificação por auditoria era inviável econômica e socialmente para o segmento da agricultura familiar.

Na opinião de Silva (2015), estes (as) atores(as), além de considerarem a importância dos fatores sociais e ambientais, entendem que o selo orgânico, representado nas embalagens dos produtos, contribui para a promoção da credibilidade e segurança dos(as) consumidores(as) finais, favorecendo a comercialização. Ainda as condições edafoclimáticas da região em questão limitam a produção, tornando-se necessário agregar valor aos produtos para incrementar a renda familiar.

A contribuição dos SPGs na dimensão social do desenvolvimento rural é enfatizada por Komuri *et al.,* (2012). Neste trabalho, é relatada a experiência da Rede APOMS, experiência existente na região da Grande Dourados, no Mato Grosso do Sul, e os resultados positivos no que se refere ao fortalecimento dos laços de solidariedade e criação de espaços de diálogo entre os(as) atores(as). Também é realizada uma discussão de assuntos relacionados à promoção socioeconômica das comunidades inseridas na rede.

Komuri *et al.,* (2012) consideram que as dinâmicas de controle social desenvolvidas pelos grupos, exigências do processo de certificação participativa, abrangem aspectos para além de suas características como exigência legal. Essas dinâmicas fomentam momentos de interação social onde ocorre o compartilhamento de experiências, configurando o que Schneider (2010) considera como redes de sociabilidade.

Ainda se referindo à dimensão social, Hirata (2016), Scatolino, Martins e Bustamante (2020) e Hirata, Assis e Rocha (2018) apresentam considerações a partir do estudo sobre a experiência do Sul de Minas. Os autores consideram que a entidade, além da viabilização do selo orgânico, colabora na construção de relações sociais e promoção da credibilidade para este sistema, através das ações desempenhadas nos mercados locais e institucionais. Os fatores descritos, relacionados à dimensão social presentes nos SPGs, vão ao encontro do pensamento de Kageyama (2004), a qual compreende que a ideia de desenvolvimento rural deve abranger e aliar aspectos econômicos e sociais.



[7] Rede de Agroecologia de certificação participativa, fundada no ano de 1998, presente nos três estados da região Sul do Brasil.

Para Navarro (2001), é essencial que as estratégias de desenvolvimento rural incorporem em suas bases fatores relacionados à dimensão ambiental. Neste sentido, os processos de certificação participativa podem ser empregados como estratégias de construção de conhecimentos agroecológicos, como o caso da Rede Maniva de Agroecologia (REMA), localizada na região amazônica (WANDELLI *et al.,* 2015). Segundo os autores, no caso da REMA, os processos foram operados como dinâmicas coletivas na construção de conhecimentos agroecológicos e como formas de incentivar a integração entre agricultores(as), consumidores(as) e técnico(as).

Conforme Stoffel e Arend (2010), as ações associativas, como cooperativas, associações, e neste caso a constituição dos SPGs, contribuem de forma crucial na viabilização dos processos de conversão e certificação orgânica. Essas metodologias participativas que formam as redes de sociabilidade (SCHNEIDER, 2010), além de firmarem relações de reciprocidade, solidariedade, confiança entre os participantes, correspondem, na prática, às funções de consultoria técnica. Hirata (2016) também destaca a ação de trabalho conjunto entre os(as) atores(as) que compõem a rede para a geração de soluções de problemas relacionados a fatores limitantes da produção.

Segundo Hirata (2016), as vantagens dos SPGs são relatadas pelos (as) próprios(as) agricultores(as), com destaque para o menor custo para certificação, maior interação entre famílias agricultoras e as instituições, e o aprimoramento dos sistemas de produção. Contudo, apesar de os SPGs condizerem, de maneira mais eficaz, com a realidade da agricultura familiar, são identificados fatores que dificultam o ingresso e a permanência das famílias agricultoras nesses sistemas. Algumas dessas questões são associadas à burocracia, ausência de políticas públicas que auxiliem à produção orgânica, e indisponibilidade de insumos certificados.

Neste contexto, Santos (2018), em seu trabalho sobre os agricultores(as) certificados pela Associação dos Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO), aponta a falta de assistência técnica especializada nos órgãos públicos de extensão rural como uma das principais dificuldades encontradas por estes(as) agricultores(as). Outra limitação apresentada está na criação de novos grupos, o que impede a expansão da Rede e o fortalecimento dos canais de comercialização.

Conforme Santos (2018), o grupo estudado considera primordiais as atividades relacionadas ao controle social, como as visitas de verificação, reuniões, mutirões. Entretanto, em virtude das dificuldades existentes no deslocamento entre as unidades de produção, as atividades realizadas nas próprias unidades de produção ficam suspensas até que as visitas efetivamente ocorram. Estes entraves relacionados às atividades de controle social também são observados por Silva (2015), o qual esclarece que a distância entre as unidades de produção e as limitações econômicas ou de transporte dificultam a participação.

Já Komuri *et al.,* (2012) abordam as barreiras relacionados às exigências burocráticas e administrativas, sendo os SPGs caracterizados como processos burocráticos e complexos. Os autores também consideram a necessidade da presença de técnicos(as) nas fases iniciais do processo, para orientação nos preenchimentos dos documentos e elaboração de atas e formulários. Estas dificuldades também são observadas por Teixeira (2018), segundo a qual o entendimento das legislações que regem o sistema, bem como o preenchimento e atualização da documentação exigida, se apresentam por vezes como processos pouco compreensíveis. A autora identifica como fatores limitantes as restrições na disponibilidade de insumos certificados para produção orgânica, os valores elevados dos produtos desta natureza disponíveis nos mercados e o alto custo na obtenção de mudas e sementes certificadas.

Os impasses no campo econômico são expostos por Lovatel e Gazolla (2017) ao discutirem a inexistência de políticas públicas para este segmento. É enfatizada a falta de seguros agrícolas para o período de transição, pois, nos casos em que os insumos não são comprados, inexiste a documentação fiscal sobre a produção, o que dificulta a comprovação da atividade.

Silva (2015) também discorre sobre as dificuldades enfrentadas por agricultores orgânicos no acesso aos financiamentos, tendo em vista que estes programas são voltados à produção convencional e em escalas maiores.

Embora ocorra a presença de entraves no desenvolvimento dos SPGs, estes sistemas contribuem para a promoção do desenvolvimento rural sustentável na perspectiva da agricultura familiar. Isto justifica-se, entre outros aspectos, ao observar-se que fomentam interações socioeconômicas entre as famílias agricultoras, apoiam processos de transição agroecológica, bem como auxiliam na construção coletiva de conhecimentos agroecológicos, além de contribuírem na elevação da renda familiar, uma vez que promovem a valorização da produção e possibilitam sua maior capilaridade.

## 5. CONCLUSÃO

Os sistemas agroalimentares agroecológicos se desenvolveram como alternativa ao modelo exploratório de produção agrícola, estimulado a partir da modernização agrícola promovida pela revolução verde. Neste sentido, surgiram as redes de agroecologia que, além de fomentarem a articulação da produção e comercialização, abordam temas como comércio justo, defesa dos territórios, questões de gênero, dentre outros. Estas Redes se desenvolvem em territórios locais e regionais, e trabalham com temas que impulsionam a evolução/transformação do conceito de desenvolvimento rural.

A atuação destas redes está intimamente ligada à criação dos Sistemas Participativos de Garantia na contestação da lógica da certificação por auditoria. Segundo autores(as) citados(as) no decorrer do texto, ações deste caráter, consideradas como inovadoras, são essenciais para a sobrevivência e permanência do segmento da agricultura familiar, especialmente na produção agroecológica.

A importância destes sistemas participativos se dá pela sua complexidade que, além de promover a emancipação econômica e a autonomia produtiva das famílias, fomentam interações sociais entre os(as) atores(as). Essas dinâmicas contemplam, simultaneamente, dimensões sociais e econômicas, o que, em concordância com fontes utilizadas no texto, são fatores essenciais para a promoção do desenvolvimento rural sustentável.

Neste processo de certificação emergem fatores que dificultam o ingresso e a permanência das famílias agricultoras nestes sistemas. Porém, as diretrizes instituídas pelos SPGs, a citar o intercâmbio de saberes, a socialização das experiências, a diversificação produtiva, a pluriatividade e o fortalecimento de laços sociais podem auxiliar na superação dessas dificuldades.

Apesar do surgimento de tais barreiras, estes sistemas ainda se configuram como instrumentos de promoção do desenvolvimento rural sustentável no segmento da agricultura familiar, pois, além de englobar questões socioeconômicas, as dinâmicas desenvolvidas nestes processos buscam a sustentabilidade dos agroecossistemas, o que, consoante com estudos pesquisados, são elementos preponderantes para estratégias que visam o desenvolvimento rural sustentável.

Além dos fatores socioeconômicos e ambientais, os SPGs abordam temas como trabalho, gênero, entre outros, oferecendo aos(as) envolvidos(as) a possibilidade de reflexão sobre o papel da produção orgânica como instrumento de enfrentamento e resistência ao sistema econômico predominante.

## REFERÊNCIAS

[1] ABA (Associação Brasileira de Agroecologia). Estatuto da Associação Brasileira de Agroecologia. Belém, 2015. Disponível em: http://abaagroecologia.org.br/wordpress/wpcontent/uploads/2018/05/Estatuto_ABA_2015.pdf. Acesso em: 27 de nov. 2019

[2] ALENTEJANO, Paulo. A hegemonia do agronegócio e a reconfiguração da luta pela terra e reforma agrária no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, Dossiê "Conjuntura no Brasil: retrocessos sociais e ações de resistência, n. 42, v. 4, p. 251-285, mês dez. 2020.

[3] ALTIERI, M. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Editora Universidade - UFRGS, 2001.

[4] BORSATTO, R. S.; CARMO, M. S. do. A construção do discurso agroecológico no Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra (MST). Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 51, n. 4, p. 645-660, 2013.

[5] BRASIL. Instrução Normativa 007, 1999. Estabelece as normas de produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e de certificação da qualidade para os produtos orgânicos de origem animal e vegetal. 1999. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [1999]. Disponível em: htt://siste masw eb.agricultura.g ov.br/sislegis/action/det alhaAto.do?m ethod=co nsu ltarL egisl acaoFederal. Acesso em: 27 nov. 2019.

[6] BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. 2007. Brasília, DF: Presidência da República, [2007]. Disponível em: http://www.Planalto. Gov.br/ccivil_0 3 /_a to200 72010/2 007/Decreto/D 6323.htm. Acesso em: 27 nov. 2019.

[7] BRASIL. CNPO. Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. Nov-2019. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2019]. Disponível em: http:// www.agr

icultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos. Acesso em: 27 nov. 2019.

[8] BRITO, P. R. B. O controle social no processo de certificação de grupo por auditoria externa: o caso APROVE pela AAOCERT. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

[9] CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno produtor. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 8, n. 3, p. 69-101, 2001.

[10] CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. Perspectivas para uma nova extensão rural. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 1, n.1, p. 16-37, jan./mar. 2000.

[11] CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e extensão rural sustentável: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA/SAF/DATER/IICA, 2004. v. 1. 166 p

[12] CAPORAL, F R; COSTABEBER, J A. Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. Cadernos de Agroecologia, [S.l.], v. 1, n. 1, nov. 2006

[13] FONSECA, M. F. et al. Agricultura orgânica: introdução às normas, regulamentos técnicos e critérios para o aceso ao mercado de produtos orgânicos no Brasil. Manual técnico 19. Niterói – RJ. Programa Rio Rural, 2009. 58 p.

[14] GASPI, S.; LOPES, J. L. Desenvolvimento sustentável e revolução verde: uma aplicação empírica dos recursos naturais para o crescimento econômico das mesorregiões do Paraná. In: Encontro Regional De Economia – ANPEC-SUL, 11, 2008, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. p. 1-16.

[15] GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[16] GREGOLIN G.C. et al. Desenvolvimento: do unicamente econômico ao sustentável multidimensional. PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP, v. 12, n. 3, p. 51-64, dez. 2019.

[17] GUANZIROLI, C.; CARDIM, S. E. (coord.). Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto. Brasília: Projeto de Cooperação Técnica FAO/INCRA, 2000.

[18] HIRATA, A. R. A constituição do sistema participativo de garantia Sul de Minas e sua contribuição para a Agroecologia na região. 2016. 196 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável e Extensão) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

[19] HIRATA, A.R.; ASSIS, T.R.de P.; ROCHA, L.C.D. A constituição do Sistema Participativo do Sul de Minas. Retratos de Assentamentos. V.21, n.1, 2018.

[20] HIRATA, A.R.; ROCHA, L.C.D. Sistemas Participativos de Garantia do Brasil: Histórias e Experiências. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2020, 226 p.

[21] KAGEYAMA, A. Desenvolvimento Rural: conceito e medida. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 3, n. 21, p.379-408, set./dez. 2004.

[22] KOMURI, O. M. et al. Sistema Participativo de Garantia: caminhos percorridos pela Associação dos Produtores Orgânicos de Mato Grosso do Sul. In: Seminário De Agroecologia Do Mato Grosso Do Sul, 4, 2012, Gloria de Dourados. Relato [...]. Gloria de Dourados, 2012. p. 1-5.

[23] KRISCHKE, P. J.; TOMIELLO, N. O comportamento de compra dos consumidores de alimentos orgânicos: um estudo exploratório. Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar de Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, v. 10, n. 96, p. 27-43, 2009.

[24] LOVATEL, M.; GAZOLLA, M. Produção e mercados da agricultura familiar orgânica: análise da experiência de um grupo de agricultores da Rede Ecovida de Agroecologia no Extremo Oeste Catarinense. In: VIII Seminário Internacional Sobre Desenvolvimento Regional, 8, 2017, Santa Cruz do Sul. Anais [...]. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2017. p. 1-22.

[25] MALUF, R. S. Mercados agroalimentares e a agricultura familiar no Brasil: agregação de valor, cadeias integradas e circuitos regionais. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 299-322, abr. 2004.

[26] MUNDO NETO, M.; et al. Expansão da produção orgânica brasileira: análise a partir do cadastro nacional de produtores orgânicos. In: Seminário De Políticas Públicas E Desenvolvimento Territorial Araraquara, 1, 2017, Araraquara. Anais [...]. Araraquara: UNIARA, 2017. p. 1-10.

[27] NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro, Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 83-100, set./dez. 2001.

[28] OLIVEIRA, P. S. et al. Canais de comercialização de orgânicos: alternativas para os agricultores familiares do leste Paulista. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 81 -103, set./dez. 2016.

[29] ORMOND, J. G. et al. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, n. 15, p.

3-34, mar. 2002.

[30] SANTOS, C. C. dos et al. Conformidade Orgânica do Grupo Raiz Forte Pelo Sistema Participativo De Garantia Em Seropédica, Rio de Janeiro. In: Congresso Técnico Científico Da Engenharia E Da Agronomia, 2018, Maceió. Relato [...]. Maceió, 2018. p. 1-5.

[31] SCATOLINO, R.do M.L.S.; MARTINS, M.; BUSTAMANTE, L.O. Gestão de recursos e estrutura do SPG Sul de Minas: a autonomia e sustentabilidade organizacional. In HIRATA, A.R.; ROCHA, L.C.D. Sistemas Participativos de Garantia do Brasil: Histórias e Experiências. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2020, 226 p.

[32] SCHNEIDER, S. Situando o desenvolvimento rural no Brasil: o contexto e as questões em debate. Revista de Economia Política, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 511-531, set. 2010.

[33] SCHNEIDER, S.; SCHUBERT, M.; ESCHER, F. Regimes agroalimentares e o lugar da agricultura familiar – uma apresentação ao debate. Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Curitiba, PR, v. 1, n.1, 3, jan./jul., 2016.

[34] SILVA, M. A. da. A certificação orgânica participativa em assentamentos do agreste paraibano: um estudo sobre o processo. 2015. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia, Ciências Sociais e Fundamentais) Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, 2015.

[35] SOUSA, R. Agroecologia e educação do campo: desafios da institucionalização no Brasil. Educação e Sociedade, Campinas, v. 38, n. 140, p. 631-648, 2017.

[36] STOFFEL, J.; AREND, S. C. A produção orgânica como alternativa sustentável para a agricultura familiar. In: SOBER, 48, 2010, Campo Grande-MS. Anais [...]., Campo Grande, 2010. p. 1 - 20.

[37] TEIXEIRA, C. R. B. Estudo comparativo entre os sistemas participativos brasileiros de avaliação de conformidade orgânica. 2018. 176 f. Dissertação (Mestrado em Administração) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal - SP, 2018.

[38] WANDELLI, E. et al. A experiência da Rede Maniva de Agroecologia do Amazonas (Rema) em transformar os laboriosos procedimentos estabelecidos pela legislação brasileira de orgânicos em mobilização social promotora da agroecológica. In: Congresso Brasileiro De Agroecologia. 2015, Belém. Relato [...]., Belém-PA: Cadernos de Agroecologia, 2015. v. 10, p. 1-5.

[39] WANDERLEY, M. de N. B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. Caxambu: Anpocs, 1996.

[40] WILKINSON, J. A agricultura familiar ante o novo padrão de competitividade do sistema agroalimentar na América Latina. Estudos sociedade e agricultura, Rio de Janeiro, n. 21, p. 62- 87, out. 2003.

# Capítulo 18

## Avaliação de Equidade Ambiental: Um estudo da dimensão social na avaliação de impactos ambientais

*Lucas Gomes de Medeiros*
*Maria Clara de Sousa Vieira*
*Aline Rodrigues da Silva*[3]
*Mayara Gomes Dantas*
*Daniel Viana Andrade Silva*
*Islanny de Andrade Leite Anastácio*

Resumo: No que tange a componente social, é fato que os atuais métodos de avaliação de impactos ambientais adotados pela legislação brasileira se mostram incapazes de retratar as injustiças socioambientais advindas da implantação de empreendimentos. Dessa forma a Avaliação de Equidade Ambiental – AEA, surge como instrumento de avaliação complementar ao EIA/RIMA, considerando a sócio biodiversidade e as relações socioprodutivas de uma região no processo de avaliação. Diante disso, o presente artigo tem objetivo demonstrar a importância da AEA para o estudo da dimensão social na avaliação de impactos ambientais no Brasil. A presente pesquisa caracteriza-se revisão bibliográfica, uma vez que no intuito de obter o objetivo do estudo, realizou-se um levantamento bibliográfica de trabalhos sobre a temática, estes publicados em plataformas de livre acesso, eventos científicos, livros e arquivos disponíveis em bibliotecas virtuais de universidades. Como conclusão, a pesquisa demonstrou que apesar de existir fatores que acarretam a não aplicabilidade e valorização, a equidade ambiental é de fundamental importância no processo de avaliação de impacto ambiental. Essa afirmação parte do princípio, que somente incorporando critérios metodológicos das dimensões sociopolíticas e culturais junto ao meio ambiente, diminuiria a inferência de desigualdades sociais nos processos de avaliação de impacto ambiental no Brasil.

Palavras-chave: Avaliação de Impactos Ambientais. Impactos Sociais. Meio Ambiente. Sociedade.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX e XXI, o Brasil passou por um elevado processo de desenvolvimento nas esferas sócias, ambientais e especialmente econômicas. De acordo com Rammê (2014), ao longo desse processo, os governantes perceberam a necessidade de mudanças no cenário político brasileiro.

O autor ainda cita que essa mudança se deu a partir da adoção e elaboração de políticas públicas direcionadas à aceleração crescente nos diversos âmbitos, bem como, do desenvolvimento nacional. Tal cenário, proporcionou uma retratação das mazelas provenientes de um modelo político tipicamente neoliberal: fragilidade do Estado; ditadura do capital financeiro; ineficácia de direitos fundamentais e etc (RAMMÊ, 2014).

Nesse seguimento, diante a esfera ambiental, a consolidação da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), especialmente diante ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), contribui para o desenvolvimento nacional e minimizou os impactos ambientais negativos acarretados por empreendimentos e/ou atividades antrópicas, contribuindo assim para que estes tornando-se instrumentos de importantes para o licenciamento ambiental.

Todavia, é perceptível que estes instrumentos, no licenciamento ambiental, não cumprem totalmente com o seu propósito, uma vez que os métodos convencionais de avaliação de impacto das atividades produtivas e projetos de desenvolvimento promovem uma separação do meio ambiente e de suas dimensões sociopolíticas e culturais (LEROY et al., 2009).

Afim de promover uma modernização e democratização dos procedimentos de avaliação de impacto de projetos e diminuir as contrariedades dos estudos ambientais, a Avaliação de Equidade Ambiental (AEA) surge como um instrumento complementar ao EIA/ RIMA (LEROY et al., 2009). Nesse sentido, o presente artigo visa demonstrar a importância da AEA para o estudo da dimensão social na avaliação de impactos ambientais no Brasil.

O referido artigo encontra-se divido em quatro partes, a primeira trata de uma revisão histórica e conceitual da AIA (Avaliação de impactos ambientais), a segunda disserta sobre a dimensão social dentro do contexto brasileiro dos estudos de impactos ambientais, a terceira versa sobre a avaliação de equidade ambiental (AEA) como uma possível solução para a problemática brasileira e, por fim a última parte realiza uma breve conclusão sobre o que foi exposto.

## 2. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se revisão bibliográfica. Afim de alcançar o objetivo da pesquisa, utilizou-se a técnica de revisão narrativa no sentido de expor e descrever temáticas interligadas ao estudo e ampliar a discussão e desenvolvimento da pesquisa

De acordo com Paiva (2008) a pesquisa narrativa pode ser entendida como uma forma de metodologia que se constitui na coleta de histórias sobre determinado tema, que proporciona ao investigador a busca e obtenção informações para compreender determinado fenômeno. Desde modo, realizou-se um levantamento bibliográfica de artigos sobre a temática, estes publicados em plataformas de livre acesso. Além de buscas em livros, relatórios, legislações e arquivos disponíveis em bibliotecas virtuais de universidades. Vale salientar, que as publicações foram selecionadas a partir da sua relevância para o objetivo o estudo.

## 3. DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

### 3.1. HISTÓRICO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA)

Em meados da revolução industrial, especialmente no que tange o surgimento de máquinas, ao decorrer da expansão das indústrias e no desenvolvimento de meios de produção, foi perceptível que as atividades antrópicas e o elevado consumos dos recursos provocavam alterações no meio ambiente.

Conforme afirmando por Pereira e Curi (2012), a revolução industrial, foi marcada por inúmeras transformações frente a vida dos homens entre si e com o meio ambiente, promovendo assim modificações, de forma direta ou indiretamente, na saúde humana, na condição sanitária e na sustentabilidade ambiental.

Todavia, devido a crença que os recursos naturais eram inesgotáveis, pouco foi feito para a preservação/proteção do meio ambiente, diminuição das alterações causadas pela exploração dos recursos e na adoção de atividades menos perturbadoras.

De acordo com Peccatiello (2011) somente na segunda metade do século XX, foi possível verificar marcos internacionais importantes que influenciaram as políticas ambientais em âmbitos mundial e nacionais. Na década de 1960, o meio ambiente tornou-se no processo de conscientização dos países mundiais sobre a necessidade de se preservar os recursos naturais (LEITE, 2013).

No ano de 1968, a criação do clube de Roma tornou-se um marco para temática na discussão da utilização dos recursos e sobre a vida humana, ocasionando assim a relevância da temática diante as preocupações do homem moderno com o meio ambiente, refletindo as questões econômicas, políticas e sociais com o uso racional dos recursos (SANTOS, 2004).

Posteriormente, no ano em 1969, o Estados Unidos criou o National Environmental Policy Act - NEPA, que, entre outros pontos, inovou a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como uma legislação que exigia considerações ambientais nos planos, programas e projetos que acarretavam intervenções na área ambiental (SILVA, 2019).

De acordo com Andreazzi e Andrade (1990), na década de 70, os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) no Brasil começaram a ser exigidos pelo Banco Mundial, especialmente em virtude dos projetos de construções de usinas hidrelétricas no país. Além disso, em 31 de agosto de 1981, houve a consolidação da Lei n. 6.938, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), que no seu art. 9 institui a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Conforme Absy et al. (1995), a AIA tornou-se um processo de avaliação dos efeitos ecológicos, econômicos e sociais, que possibilita avaliar a implantação de atividades antrópicas (projetos, planos e programas), examinar de forma sistemático os impactos ambientais oriundos de uma ação proposta e de monitoramento/controle desses efeitos pelo poder público e pela sociedade.

Segundo a Resolução CONAMA nº 01/1986 descreve o impacto ambiental como sendo:

> Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986, pág.04).

Nesse contexto, pode-se compreender que a AIA tem o sentido de promover um prognóstico das condições emergentes, segundo as alternativas contempladas, sendo realizado ao longo de três etapas, pode citar: A identificação, previsão e interpretação da importância dos impactos ambientais relevantes (Silva, 1994).

De acordo com Bento e Almeida (2016) para a realização das avaliações de impactos ambientais a Resolução CONAMA nº 01/1986 estabeleceu que no desenvolvimento da AIA devem se ter regras básicas, dentre elas a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

O EIA e o RIMA são instrumentos de estudos que visam a prevenção de problemas ambientais, inibir possíveis alterações indesejáveis provenientes de um ou mais projetos/ação e são exigidos para o licenciamento de empreendimentos ou atividades que possam causar significativa degradação do meio ambiente (SANCHEZ, 2008).

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) pode ser conceituado como:

> Um relatório técnico que engloba os vários componentes do ambiente. Aborda, portanto, aspectos dos meios físico, biótico e socioeconômico. O objetivo de um EIA é determinar os efeitos potenciais ambiental, social e sanitário de um empreendimento proposto. Desta forma, é um estudo dos efeitos físicos, biológicos e socioeconômicos, que permite tomar decisões lógicas e racionais e, consequentemente, reduzir ou mitigar alguns impactos potenciais adversos (ALVARENGA; SOUZA, 2000, p. 14).

Já o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é documento técnico que tem intuito de informar e repassar à população, possíveis intervenções que empreendimento pode acarretar aos diversos setores: ambientais, econômicos, sociais e outros. Além disso, o RIMA proporciona uma clareza dos métodos e estratégias adotadas para evitar o possível cenário, bem com uma transparência de informações frente ao processo de AIA.

Segundo Alvarenga e Souza (2000), através destes instrumentos, EIA e RIMA, é possui uma clareza frente os objetivos fundamentais (teóricos) da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), resultando um poder de escolher entre diversas alternativas de projeto, inclusive a de não execução do mesmo. Vale enfatizar, que no método de AIA busca-se escolher aquela alternativa de projeto que é economicamente viável e apresenta menor impacto ambiental.

## 3.2. A DIMENSÃO SOCIAL NO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DENTRO DO CONTEXTO BRASILEIRO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA)

Tendo como norte o processo de melhoria na qualidade de vida da sociedade, a dimensão social, assim dissertam Denise Schmitt Siqueira Garcia e Heloise Siqueira Garcia (2014), está intimamente ligada à garantia dos direitos sociais, relacionando-se sempre às qualidades dos seres humanos. Atuando, conforme complementa Póvoas (2015, p.49), "na proteção da diversidade cultural, garantia do exercício pleno dos direitos humanos e combate à exclusão social".

Nesse sentido, podemos dizer que esse aspecto constitui relação indissociável com a problemática ambiental, haja vista que as alterações nas condições ambientais afetam também, direta ou indiretamente, as condições de moradia, educação, alimentação, saúde e bem-estar das populações. Dessa forma, podemos dizer que à garantia dos direitos sociais está diretamente relacionada com a promoção da proteção ambiental (GARCIA; GARCIA, 2014).

Inserido nesse contexto, no Brasil, a Avaliação de Impactos Ambientais e seus instrumentos como o Estudo de Impactos Ambientais (EIAs) e os Relatórios de Impacto do Meio Ambiente (RIMAs), deveriam garantir a identificação previa dos impactos sociais, bem como, a elaboração de medidas de controle ambiental (mitigação e maximização) desses impactos, a fim de promover a proteção ambiental e assegurar que as populações diretamente atingidas pela construção de grandes empreendimento tenham seus direitos respeitados.

Todavia, segundo Rammê (2014) o crescimento no número de casos envolvendo conflitos socioambientais oriundos da implementação de grandes obras e projetos se faz cada vez mais presente no país. Ainda conforme o autor, nesses casos os principiais atores sociais envolvidos nesses conflitos são os responsáveis e/ou interessados pelas obras e a população que terá seu modo de vida direta ou indiretamente modificados por esses empreendimentos.

O desmazelo e pouco-caso por dos responsáveis pelos grandes projetos, é geralmente a razão principal pela qual esses conflitos são iniciados, haja vista que, as opiniões das populações diretamente atingidas são raramente levadas em consideração durante as etapas de tomada de decisão e planejamento desses empreendimentos (MELLO,2013).

O que por sua vez, resulta segundo a FASE e ETTERN, (2012, p.15-16) em EIA/RIMAs "incapazes de retratar a injustiça ambiental contida em determinados projetos, servindo, implicitamente, à legitimação de ações e impactos inaceitáveis se consideradas apropriadamente as dimensões socioculturais".

Ademais, conforme explica Henri Acselrad (2010), em razão da distribuição desigual dos riscos ambientais, isto é, dos efeitos ocasionados pela implementação de grandes obras, projetos ou empreendimentos, podemos afirmar que as alterações sociais, culturais, econômicas e ambientais recaem mais intensamente sobre aqueles sujeitos sociais inseridos em grupos menos privilegiados e de classe mais baixa.

Esse fato é corroborado por Ariella Kreitlon Carolino (2010) quando esta afirma que:

> Quase sempre implantados em regiões periféricas do país, esses grandes projetos passarão a implicar profundas transformações nos modos de vida das populações atingidas. Indígenas, ribeirinhos, pescadores artesanais e pequenos agricultores, por exemplo, serão alvos recorrentes do deslocamento compulsório, da desestruturação de suas atividades econômicas e da ruptura de suas teias de relações sociais (CAROLINO,2016, p.24).

Isso torna-se ainda mais evidente ao elencarmos os impactos sociais decorrentes da implementação desses grandes projetos, como pode ser observado no quadro a seguir.

**Quadro 01 –** Impactos sociais envolvendo grandes empreendimentos

| EMPREENDIMENTO - UF | IMPACTOS SOCIAIS | POPULAÇÃO AFETADA |
|---|---|---|
| Barragem de Acauã - PB | Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território;<br>Perda de patrimônio cultural e afetivo;<br>Acesso a uma infraestrutura precária e falta de serviços essenciais;<br>Falta de empregos, diminuição da renda. | Ribeirinhos |
| UHE* Tucuruí - PA | Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território;<br>Favelização, aumento do índice de violência e alcoolismo;<br>Falta de saneamento e atendimento médico, piora da qualidade de vida. | Agricultores familiares<br>Pescadores artesanais<br>Indígenas<br>Quilombolas<br>Ribeirinhos |
| Barragem e UHE* de Pedra do Cavalo - BA | Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território;<br>Alteração das atividades de pesca e mariscagem;<br>Comprometimento dos meios de subsistência dos moradores;<br>Aumento da insegurança alimentar;<br>Perda de território tradicional e aumento da migração forçada. | Agricultores familiares<br>Extrativistas<br>Marisqueiras<br>Pescadores artesanais<br>Quilombolas<br>Ribeirinhos |
| Parques Eólicos: Complexo Alto Sertão I - BA | Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território;<br>Perda de território tradicional e segregação das comunidades;<br>Migração forçada, grilagem de terras e aumento do índice de violência; | Agricultores familiares<br>Geraizeiros<br>Quilombolas. |
| Mineração de Caulim - PA | Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território;<br>Redução das atividades de pesca e Comprometimento dos meios de subsistência dos moradores;<br>Redução das áreas agrícolas;<br>Danos à saúde humana. | Agricultores familiares<br>Comunidades urbanas<br>Pescadores artesanais<br>Ribeirinhos. |

*UHE = Usina Hidrelétrica.

Fonte: Adaptado pelos autores com dados extraídos da FIOCRUZ (2010).

Diante desse cenário, podemos dizer que os atuais instrumentos de avaliação de impactos ambientais utilizados pela legislação brasileira são falhos, especialmente os casos do EIAs. Pois, estes são feitos apenas com o intuito de prover ao empreendedor a documentação necessária para a legalização de uma ação, atividade, obra ou projeto. Reduzindo a complexidade da realidade social e os direitos das populações atingidas à uma simples propriedade de terra a ser vendida (FASE; ETTERN, 2012).

### 3.3. A AVALIAÇÃO DE EQUIDADE AMBIENTAL (AEA): UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA A PROBLEMÁTICA NO BRASIL

Ao terem sua existência ameaçada e fragilizada pelos grandes projetos de desenvolvimento econômico acelerado, as populações atingidas não tiveram outra alternativa a não ser tomar para si os discursos ecológicos e lutar contra as injustiças ambientais através da busca pelo que chamamos de equidade ambiental.

A equidade por sua vez, refere-se, segundo Beder (2000), ao acesso "igual" de recursos e oportunidades, bem como, a promoção de um equilíbrio na distribuição de ganhos e perdas em uma comunidade ou meio. Dessa forma, ainda de acordo com a autora, nenhum individuo ou grupo deve suportar sacríficos maiores que os demais, garantindo a todos o acesso a condições salubres de vida.

Nesse sentido, desde de 2005 a FASE em parceria com o Laboratório Estado, Trabalho, Território e Natureza (ETTERN) vem desenvolvendo um instrumento de avaliação complementar ao EIA/Rima, chamado de Avaliação de Equidade Ambiental – AEA. Segundo ele a AEA pode ser definida como sendo:

> [...] um instrumento de promoção da justiça ambiental que visa fortalecer os movimentos e grupos sociais atingidos nos processos de participação e tomada de decisão sobre empreendimentos que podem afetar seu modo de vida de forma direta ou indireta. [...] Inclui a consideração dos efeitos sociais, culturais, econômicos e institucionais vivenciados pelos grupos atingidos, assim como os efeitos nos modos de subjetivação e na saúde física e mental de indivíduos e grupos [...] (FASE; ETTERN, 2012, p. 42).

Assim sendo, enquanto que os métodos tradicionais destacam os impactos que ocorrem no meio natural, isto é, as alterações que decaem sobre os elementos abióticos (água, ar e solo), bióticos (fauna e flora), estéticos e ecológicos do meio ambiente, deixando de lado os componentes do meio social, como afeto, memorias, desejos, tradições e vínculos (GERHARDT; ARAÚJO, 2018).

A AEA vem para remodelar e renovar os processos de avaliação adotados pela legislação brasileira, pois como adiciona Lívia Duarte (2012) esse instrumento:

> [...] considera a sociobiodiversidade de uma região, e também as relações socioprodutivas, para saber que tipo de investimentos e projetos são necessários do ponto de vista das populações locais. Já o processo de licenciamento convencional costuma partir do planejamento de empresas ou do governo (DUARTE,2012, online).

No Brasil, por tratar de um instrumento relativamente recente e sem suporte legal, ainda são poucas as práticas desse método em projetos de desenvolvimento, contudo, ele se mostrou efetivo na tentativa de se alcançar um planejamento orientado através da busca pela sustentabilidade e pela luta contra injustiças ambientais.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente artigo, pode-se observar que os estudos de Avalição dos Impactos Ambientais (AIA) se tornaram fundamentais no processo conjunto do desenvolvimento econômicos, sociais e ambientais decorrente da implementação de projetos, nos seus mais diversos cunhos. Porém, os estudos ainda possuem déficit que geram conflitos socioambientais, que em sua maioria ocasionam injustiças e desigualdades ambientais nas comunidades/grupos menos privilegiados e de classe mais baixa.

Nesse seguimento, demonstrou-se que apesar de existir fatores que acarretam a não aplicabilidade e valorização, a equidade ambiental é de fundamental importância no processo de avaliação de impacto ambiental. Essa afirmação parte do princípio, que somente incorporando critérios metodológicos das dimensões sociopolíticas e culturais junto ao meio ambiente, diminuiria a inferência de desigualdades sociais nos processos de avaliação de impacto ambiental no Brasil.

## REFERÊNCIAS

[1] ACSELRAD, Henri . Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento de justiça ambiental. Estudos Avançados, São Paulo, v. 24,n.68, p. 103-120, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142010000100010 . Acesso em: 11 maio 2021.

[2] ABSY, Miriam Laila et al (org.). Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 124 p.

[3] ALVARENGA, Maria Inês Nogueira; SOUZA, Jeferson Antônio de. Bases para a Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA). Agropecuária e Ambiente, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 12-19, fev. 2000. Informe Agropecuário.

[4] ANDREAZZI, M. A. R.; ANDRADE, R. M. Impactos das grandes barragens na saúde da população – uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia. In: forest'90, Simpósio Internacional de Estudos Ambientais em Florestas Tropicais Úmidas, Manaus. Anais. Rio de Janeiro: Biosfera, 1990.

[5] BEDER, Sharon. Costing the Earth: Equity, Sustainable Development and Environmental Economics. New Zealand Journal of Environmental Law, 4, 2000, 227-243. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/30385463_Costing_the_Earth_Equity_Sustainable_Development_and_Environmental_Economics. Acesso em: 12 maio 2021.

[6] BENTO, Laura Dias Parreiras; ALMEIDA, Fábio Souto. Falhas no processo de Licenciamento Ambiental com base no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). In: Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 5., 2016, Rio de Janeiro. Anais. [S.L.]: Sigabi, 2016. p. 1-3.

[7] BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

[8] CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasília.

[9] CAROLINO, Ariella Kreitlon. O lugar do social na avaliação de impacto ambiental: regulação pública no Brasil, avanços teóricos e desafios para o planejamento regional. 2016. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-20122016-153153/pt-br.php. Acesso em: 9 maio 2021.

[10] DUARTE, Lívia. Avaliação de Equidade Ambiental: Lançados relatórios que propõe novo olhar sobre avaliação de projetos de desenvolvimento. FASE, [s. l.], 2 jul. 2012. Disponível em: https://fase.org.br/pt/informe-se/noticias/avaliacao-de-equidade-ambiental/. Acesso em: 12 maio 2021.

[11] FASE – Federação de Órgãos para a Assistência Social e Educacional; ETTERN –

[12] Laboratório Estado, Trabalho, Território e Natureza do IPPUR/UFRJ. Relatório Síntese -Projeto de avaliação de equidade ambiental como instrumento de democratização dos procedimentos de avaliação de impacto de projetos de desenvolvimento. Rio de Janeiro: FASE/ETTERN/IPPUR/UFRJ,2012.p.176. Disponível em: https://issuu.com/ongfase/docs/rs-equidade. Acesso em: 11 maio 2021.

[13] Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ. Mapa De Conflitos Envolvendo Injustiça Ambiental E Saúde No Brasil. Disponível em: http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/ . Acesso em: 11 maio 2021.

[14] GARCIA, Denise Schmitt Siqueira; GARCIA, Heloise Siqueira. Dimensão social do princípio da sustentabilidade: uma análise do mínimo existencial ecológico. In: SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes de; GARCIA, Heloise Siqueira (Orgs). Lineamentos sobre sustentabilidade segundo Gabriel Real Ferrer. [e-book]. 1. ed. Itajaí : UNIVALI, 2014. p. 51-52. Disponível em: https://www.univali.br/vida-no-campus/editora-univali/e-books/Paginas/default.aspx . Acesso em: 10 maio 2021.

[15] GERHARDT, Cleyton; ARAÚJO,Lair Medeiros. Ambientalização dos conflitos sociais e a adequação "Sustentável" da injustiça ambiental ao capital. Desenvolvimento Rural Interdisciplinar, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 266-294, dez. 2018. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/revpgdr/article/view/96056. Acesso em: 12 maio 2021

[16] LEITE, Marcelo Meira. Análise comparativa dos sistemas de avaliação de impacto ambiental. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, p. 273-293.

[17] LEROY, Jean-Pierre et al (org.). Pelo rigor nas avaliações de projetos de grande impacto sócio-ambiental. Rede Brasileira de Justiça Ambiental, [s. l], v. 4, n. 1, p. 1-8, nov. 2009.

[18] MAIA, Carlos Roberto da Silva. Território e solidariedade: elementos para uma avaliação de equidade ambiental de projetos de desenvolvimento. 2013. 138 f. : Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Ceará. Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA, Fortaleza - CE, 2013. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16409. Acesso em: 9 maio 2021.

[19] PAIVA, Vera Lúcia Menezes de Oliveira e. A pesquisa narrativa: uma introdução. Revista Brasileira de

Linguística Aplicada, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 261-266, 2008. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1984-63982008000200001.

[20] PECCATIELLO, Ana Flávia Oliveira. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). Desenvolvimento e Meio Ambiente, [S.L.], v. 1, n. 24, p. 71-82, dez. 2011. Editora UFPR.

[21] PEREIRA, Suellen Silva; CURI, Rosires Catão. Meio Ambiente, Impacto Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: Conceituações Teóricas sobre o Despertar da Consciência Ambiental. Reunir –Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 35-57, dez. 2012.

[22] PÓVOAS, Monike Silva. O amor na sociedade de risco: a Sustentabilidade e as relações de afeto. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; ARMADA, Charles Alexandre (org.). Sustentabilidade meio ambiente e sociedade: reflexões e perspectivas [e-book]. Umuarama : Universidade Paranaense: UNIPAR, 2015. cap. 3, p. 46-55

[23] RAMMÊ, Rogério Santos. Avaliação de equidade ambiental: um dever fundamental socioambiental. Revista da Faculdade de Direito da UFPR , v. 59, p. 119-141, 2014. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/direito/article/download/35679/22970. Acesso em: 10 maio 2021.

[24] SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

[25] SANTOS, Rozely Ferreira dos. Planejamento ambiental: teoria e prática. [S.I]: Editora Oficina de Textos, 2004. 184 p.

[26] SILVA, E. Avaliação de Impactos Ambientais no Brasil. Viçosa, SIF, 1994.

[27] SILVA, Sabrina Tamires. Mapeamento digital e modelagem do município de Santa Cruz de Minas - MG. 2019. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Geografia Bacharelado, Universidade Federal de São João del – Rei, São João Del-Rei, 2019.

# Capítulo 19

## *Ecoturismo na América Latina: Uma revisão de literatura*

*Aldira Raquel Paula Maia*

Resumo: O presente trabalho busca realizar uma revisão de literatura para que seja possível verificar a literatura científica a respeito dos efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente. Isso porque, antes dos debates ambientalistas ocorridos a partir da década de 1970, os impactos do turismo de massa refletiam o momento pelo qual a sociedade estava passando, marcado pelo consumo exacerbado, poluição, crescimento da frota de veículos, popularização cada vez mais acentuada de prá-ticas antes relegadas às camadas mais abastadas. Assim, visa-se responder ao seguinte questionamento de pesquisa: De que maneira a literatura científica avalia os efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente? Para responder ao problema e atingir os resultados esperados, realizou-se uma revisão sistemática de literatura, com a finalidade de analisar a literatura produzida sobre o tema proposto. Concluiu-se que existem escassas pesquisas a respeito dos efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente, principalmente desenvolvidas no Brasil e realizadas recentemente.

Palavras-chave: Ecoturismo; América Latina; Meio Ambiente; Revisão de Literatura.

## 1. INTRODUÇÃO

A atenção com o meio ambiente manifestou-se em virtude da crise acarretada pela escassez dos recursos naturais, ocasionados pela sua utilização descontrolada, incessante e inconsequente, que, por sua vez, foi ocasionado pelo ritmo desmedido e lépido do crescimento global. Assim, surgiu um novo segmento do setor turístico, o ecoturismo, que pressupõe a disseminação de axiomas fundamentais, como ideias e ações que difundem a sustentabilidade socioambiental associada ao processo de gerenciamento interativo, com inserção intersetorial e inclusão da comunidade para suprir as demandas de infraestrutura e a capacitação de profissionais para a gerência sustentável da atividade.

O ecoturismo surgiu, originalmente, como uma possibilidade à progressiva ameaça, para a cultura e meio ambiente, colocada pelo turismo de massa, que acarreta inúmeras consequências negativas ao meio ambiente, tendo em vista que é marcado pelo consumo excessivo, poluição, aumento da frota de veículos, popularização cada vez mais acentuada de práticas antes relegadas às camadas mais abastadas.

Nesse sentido, o presente trabalho constitui-se em um conjunto de pesquisas desenvolvidas, a respeito do ecoturismo na América Latina e a preservação ambiental. Pretendeu-se, nesse sentido, responder ao seguinte questionamento de pesquisa: De que maneira a literatura científica avalia os efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente?

Para responder ao problema de pesquisa e obter os resultados esperados, realizou-se uma revisão sistemática de literatura, com a finalidade de analisar a literatura produzida sobre o tema proposto.

O presente artigo encontra-se dividido em cinco partes. Inicialmente, a introdução, contextualizando o tema objeto de estudo. Posteriormente, apresentou-se o referencial teórico que embasou a pesquisa. Após isso, demonstrou-se e explicou-se a metodologia utilizada para realização do estudo. Depois de apresentar e explicar a metodologia utilizada, realizou-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos com a revisão de literatura realizada. Por fim, nas considerações finais, foram sintetizadas as principais ideias e os principais resultados da presente pesquisa.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Originalmente concebido como alternativa à crescente ameaça, tanto à cultura quanto ao meio ambiente, imposta pelo turismo de massa, a ênfase inicial do ecoturismo recaiu sobre um turismo comedido, que tivesse impacto mínimo sobre os ecossistemas naturais (John e Weating, 2014). Esse ramo do turismo surgiu e se desenvolveu entre as décadas de 1970 e 1990, quando havia um clima propício para se discutir alternativas ambientais. Buscava-se, dessa maneira, equacionar desenvolvimento com conservação da natureza (Dale, 2005).

Isso porque, até essa época, a poluição era associada ao progresso, ideia que passou a ser completamente inconcebível após o movimento ambientalista, a partir do qual não mais se contesta a urgência por um desenvolvimento econômico sustentável, bem como a sobrevivência do planeta (Bruhns, 2009). Nesse cenário, o setor do turismo era marcada pelo turismo de massa, no qual seus os impactos refletiam o momento pelo qual a sociedade estava passando: consumo exacerbado, poluição, crescimento da frota de veículos, popularização cada vez mais acentuada de práticas antes relegadas às camadas mais abastadas (Ramalho *et. al*., 2010).

Assim, com o arrefecimento dos movimentos sociais, entre eles o ambientalista, as questões sobre desenvolvimento e globalização, espelhadas em modos ocidentais padronizados de produção, orientam como as pessoas devem realizar suas atividades, de maneira que obtenham a maior eficiência e lucro, gastando menos tempo, de acordo com elementos que o sistema capitalista exige e que concomitantemente não degradem ou destruam o meio ambiente (Ramalho *et. al*., 2010).

A partir desse movimento, no setor turístico, o turismo de natureza passou a ganhar destaque, em razão dos debates acerca da necessidade de conservação do meio ambiente, através de técnicas sustentáveis. No decorrer dos anos, a atividade vem se desenvolvendo e ganhando forças em meio à discussão de um modelo de turismo mais responsável (Brasil, 2010).



Dessa maneira, o ecoturismo pode ser descrito como turismo interpretativo, de mínimo impacto, discreto, no qual se busca a conservação, o entendimento e a apreciação do meio ambiente e das culturas visitadas. Trata-se de uma área especializada do turismo que inclui viagens para áreas naturais, ou áreas nas quais a presença humana é mínima, em que o ecoturista envolvido na experiência externa expresse uma

motivação explícita de satisfazer sua necessidade por educação e consciência ambiental, social e/ou cultural por meio de visita à área e vivência nela (John & Weating, 2014).

O Ecoturismo incentiva uma nova maneira de vivenciar e usufruir as paisagens naturais, as florestas, as regiões costeiras, entre outros ecossistemas, acarretando uma discussão a respeito de uma nova forma de uso e fruição dos espaços pelos turistas. As visitas às áreas protegidas passam a ganhar espaço e a se popularizar, mesmo que inicialmente com um caráter mais científico, desempenhando um importante papel neste processo (Brasil, 2010).

Reconhece-se a relevância do ecoturismo para os indivíduos, tendo em vista que o contato com a natureza é essencial para o desenvolvimento integral do ser humano. Nesse sentido, aduz Meirelles Filho (2005) que o ecoturismo serve como portão de entrada para a natureza, como oportunidade para experimentar o novo, reviver o contato com o mundo natural, perdido na metrópole, oportunidade para o reencontro com sua própria individualidade, seja para deixá-lo livremente e de forma solitária, buscar a paz interior e a meditação em sua visita à natureza, seja para os desafios ao corpo.

No mesmo contexto, aduz Bruhns (2009), para quem os espaços naturais passaram a ser vistos como ambientes adequados para a execução do ecoturismo e atividades correlatas, os quais se vinculam às viagens como deslocamento necessário para sua prática e, portanto, para permitir essas atividades, é preciso que o ambiente seja conservado.

Dessa forma, considerando a importância do contato com a natureza e a possibilidade desse contato nas atividades do turismo de natureza, surge a necessidade de compatibilizar tais fenômenos – o turismo e a conservação ambiental.

Visto isso, a preocupação com as questões ambientais surgiu em decorrência da crise acarretada pela escassez dos recursos naturais, ocasionados pela sua utilização descontrolada, incessante e irracional, que, por sua vez, foi motivado pelo ritmo desenfreado e frenético do crescimento global. Nesse cenário, a biodiversidade torna-se alvo de interesses e intervenções, caracterizando-se como uma moeda de troca, entretanto, sua importância e significados são ignorados, muitas vezes em prol de um suposto progresso e desenvolvimento tecnológico e científico das nações (Poles & Rabinovici, 2010). Observa-se, portanto, que o ecoturismo é uma resposta a um cenário marcado pelo uso desenfreado dos recursos naturais com finalidades puramente econômicas.

Assim, o ecoturismo tem como finalidade contribuir para a conservação dos ecossistemas e, ao mesmo tempo, estabelecer uma situação de ganhos para todos os interessados: se a base de recursos é protegida, os benefícios econômicos associados ao seu uso serão sustentáveis (Brasil, 2010). Corroborando com esse entendimento, Zysman Neiman (2005) afirma que a definição do ecoturismo prevê que os indivíduos possam entrar em contato com as áreas naturais garantindo a sua sustentabilidade econômica e ecológica, incluindo-se aí suas populações tradicionais que assumem a responsabilidade de cuidar e, através de sua cultura, integrar-se a essas áreas de modo a preservar seu equilíbrio. Para o autor, o ecoturismo pode ser compreendido como uma atividade que funciona como instrumento de aproximação entre o ser humano e o meio ambiente selvagem, principalmente em Unidades de Conservação, incorporando alguns pressupostos, como o questionamento de valores, a aprendizagem através da experiência e a busca de reformulações para os aspectos indesejáveis da vida cotidiana.

O planejamento do ecoturismo baseia-se nas limitações dos recursos, já que as oportunidades para sua prática se perderão se o poder de recuperação e a capacidade de suas comunidades de absorver os impactos forem superados ou se a biodiversidade ou a aparência física forem alteradas de maneira significativa (John & Weating, 2014).

Além disso, o ecoturismo reconhece que o ambiente natural é essencial para o desenvolvimento de atividades de turismo de natureza, que dirige seu foco para os aspectos biológicos e físicos do meio ambiente. Assim, a conservação de áreas naturais e o manejo de recursos sustentáveis são, portanto, essenciais para o planejamento, o desenvolvimento e o gerenciamento do ecoturismo (John & Weating, 2014).

Nos últimos anos, o foco do ecoturismo sobre o ambiente natural facilitou a evolução para *slogans* chamativos que abarcam diversas formas de turismo, como “turismo natural”, “turismo inóspito”, “turismo de baixo impacto” e “turismo sustentável”, entre outros. Todas essas formas de turismo enfocam o ambiente natural em alguma medida e, embora alinhados e associados estreitamente com o ecoturismo, devem ser distintos dele, já que há diversos aspectos do turismo baseado na natureza (John & Weating, 2014).

Nesse sentido, o ecoturismo pressupõe a difusão de premissas fundamentais, como princípios e critérios que difundem a sustentabilidade socioambiental associada ao processo de planejamento participativo, com integração intersetorial e inserção da comunidade local para contemplar as necessidades de infraestrutura e qualificação profissional para a gestão sustentável da atividade (Brasil, 2010).

Verifica-se, portanto, que o ecoturismo surge em decorrência da necessidade de compatibilização entre o desenvolvimento das atividades de turismo de natureza e a conservação do meio ambiente.

## 3. METODOLOGIA

O presente trabalho é uma revisão de literatura sobre o efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente. Tal metodologia consiste no levantamento científico disponível, com a finalidade de selecionar o que possa servir para a pesquisa (Laville & Dionne, 1999).

As fases seguidas pelo estudo encontram-se sintetizadas na tabela 1, a seguir.

**Tabela 1 –** Fases da revisão de literatura

| Fases do estudo | Atividade desenvolvida |
|---|---|
| 1ª fase | Elaboração da questão da pesquisa |
| 2ª fase | Busca e seleção de artigos na literatura |
| 3ª fase | Identificação dos estudos selecionados |
| 4ª fase | Coleta de dadados dos artigos selecionados |
| 5ª fase | Análise crítica dos resultados obtidos com os estudos selecionados |
| 6ª fase | Sistematização e apresentação da revisão de literatura |

Para a busca dos artigos e obras utilizados no estudo, foram utilizadas as seguinte base de dados: Google Acadêmico, SciELO (Scientific Eletronic Library Online). Para o levantamento dos artigos, foram empregados os seguintes descritores, em língua portuguesa: “ecoturismo” AND “América Latina”, “efeitos”. Ainda, foi utilizada a Biblioteca Digital Saraiva, da qual a acadêmica possui acesso, para busca e seleção de material doutrinário a respeito do tema objeto de estudo.

Foram selecionados artigos e obras publicadas entre 1992 e 2021, em língua portuguesa e espanhola, os quais abordavam os efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A busca pelos artigos e obras relacionados ao ecoturismo foi feita nos meses de abril e maio de 2022. Em busca realizada na Biblioteca Digital Saraiva, foram encontrados 18 obras com o descritor “ecoturismo”. Dessas obras, foram selecionadas 7, sintetizadas na tabela 2, a seguir:

**Tabela 2 –** Seleção de doutrinas na Biblioteca Digital Saraiva

| Autor(es) | Título da obra | Ano |
|---|---|---|
| Bruhns, H. B. | A busca pela natureza: turismo e aventura | 2009 |
| Dale, P. | Definindo ecoturismo | 2005 |
| John, N., & Weating, S. | Ecoturismo: impactos, potencialidades e possibilidades | 2014 |
| Meirelles Filho, J. | O equilíbrio entre a atividade econômica e a sustentabilidade socioambiental | 2005 |
| Neiman, Z. | Natureza e cultura brasileiras: matérias primas do ecoturismo | 2005 |
| Poles, G. & Rabinovici, A. | O ambientalismo, o turismo e os dilemas do desenvolvimento sustentável | 2010 |
| Ramalho, A. L. *et. al.* | O turismo no contexto da sustentabilidade | 2010 |

Nos artigos buscados e selecionados, verificou-se, em pesquisa realizada por John e Weating (2014), que o termo "ecoturismo" apareceu escrito pela primeira vez na edição de março/abril de 1984 da American Birds, como propaganda para uma atividade turística dirigida por Ceballos-Lascurain. Sua definição do termo, como a conhecemos, apareceu pela primeira vez em 1987, em um documento intitulado "O futuro do ecoturismo", que foi reproduzido no Mexico Journal, na edição de 27 de janeiro de 1988.

Ainda, em pesquisa feita por Dale (2005), demonstrou-se que a partir de movimentos ambientalistas, o turismo passou a ser visto como um instrumento de conservação da natureza, preservação da biodiversidade e promoção da diversidade. O autor demonstrou que os documentos da CMAP (Comissão Mundial de Áreas Protegidas), da UICN (União Mundial pela Natureza), que tratam desta questão são inúmeros e comprovam esta afirmação. Em documentos voltados especificamente ao ecoturismo ou ao turismo sustentável em áreas protegidas, o ecoturismo desponta como aliado potencial dos territórios protegidos, se devidamente bem manejado. Na prática, o turismo ocupa todos estes espaços – cultura, meio ambiente, economia.

Em artigo publicado por Meirelles Filho (2005), o autor reconhece que o ecoturismo é um negócio lucrativo e de alto risco. A significativa participação do movimento ambientalista no ecoturismo faz com que muitos se esqueçam de que ele só é viável se as regras básicas da economia de mercado forem seguidas. A maior parte dos planos e empreendimentos de ecoturismo reflete apenas as idealizações de seus responsáveis. Estes, por sua vez, muitas vezes não prevêem o retorno sobre o capital, desconhecem estudos sobre taxas de risco, nunca ouviram falar em fluxo de caixa descontado. Para o autor, quem não sabe o que é isso não sabe o que é ecoturismo. Enquanto essa situação não se alterar, não haverá ecoturismo no Brasil, e sim "egoturismo".

Além dessas obras, foi selecionado documento publicado pelo Ministério do Turismo do Brasil, ressaltando o conceito, a importância e as peculiaridades do ecoturismo. Nesse documento, ressaltou-se que o turismo de massa, realizado no período anterior ao período marcado pelo movimento ambientalista, era apontado como agressor da paisagem natural e cultural, e a vida nas grandes metrópoles exigia uma nova postura na busca pelo restabelecimento físico e emocional dos indivíduos, com a busca por lugares que proporcionassem um contato direto com a natureza (Brasil, 2010).

Ainda, verificou-se que os primeiros estudos sobre Ecoturismo remetem à década de 1980. No ano de 1985, a EMBRATUR (Instituto Brasileiro de Turismo) deu início ao "Projeto Turismo Ecológico", criando dois anos depois a Comissão Técnica Nacional constituída conjuntamente com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), primeira iniciativa direcionada a ordenar o segmento. Na mesma década, foram autorizados os primeiros cursos de guia de turismo especializados, porém, foi somente na década seguinte, com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente – ECO 92, realizada em 1992 no Rio de Janeiro (Capital), que esse tipo de turismo ganhou visibilidade e impulsionou um mercado com tendência de franco crescimento, propondo diretrizes e tratados com aplicação de âmbito mundial, a partir da aceitação ou consignação de cada nação (Brasil, 2010).

Nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico, para a busca e seleção dos artigos, foram utilizados os seguintes descritores, em língua portuguesa: "ecoturismo" AND "América Latina", "efeitos". Foram encontrados, ao todo, 37 artigos. Desses, foram selecionados 6, conforme a tabela 3, a seguir apresentada.

**Tabela 3 –** Artigos selecionados nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico

| Autor(es) | Título da obra | Ano |
|---|---|---|
| Coppin, L. | Ecoturismo Y América Latina: una aproximación al tema | 1992 |
| Gouvea, R. & Hranaiova, J. | Determinación de la importancia de las variables ambientales en la demanda total del turismo en América Latina | 2004 |
| Budowski, G. | Ecoturismo en el siglo XXI | 2001 |
| Buitelaar, R. | Clusters ecoturísticos en América Latina: Hacia una interpretación | 2001 |
| Narváez, F. E. & Sepúlveda, R. B. | Ecoturismo como estrategia de desarrollo tutal em América Latina. Caso de la aldea indígena Plan Grande Quehueche (Izabal, Guatemala) | 2002 |
| Ibarra et al. | Áreas naturales protegidas y participación social en América Latina: problemas y estrategias para lograr la integración comunitaria. | 2020 |

Coppin (1992) verificou que, no caso da América Latina, a solução oferecida pelo ecoturismo reconhece que a atividade turística representa uma alternativa econômica que torna possível um aproveitamento racional dos recursos naturais presentes no continente, decorrendo importantes benefícios, tanto à nível micro, quanto macroeconônico.

No mesmo sentido, Gouvea e Hranaiova (2004) observaram, em seus estudos, que durante os anos 1990 e início dos anos 2000, os países latino-americanos tomaram conhecimento da oportunidade de capitalizar e simultaneamente proteger seu ecossistema único. Nesse sentido, o ecoturismo é uma indústria atrativa para a América Latina, uma vez que oferece a oportunidade de combinar desenvolvimento econômico com proteção do meio ambiente. A região é adequada para o ecoturismo devido ao seu rico e único ecossistema que oferece uma das áreas mais promissoras do mundo para desenvolver este tipo de turismo. Os países latino-americanos têm diferentes níveis de desenvolvimento.

Para Budowksi (2001), há uma rica história sobre ecoturismo em quase todos os países da América Latina, desde as histórias do Padre Gumilla, passando por cientistas como Humboldt, Darwin, Bates, Pittier e Skutch. Para o autor, muito foi escrito e estudado sobre os diversos sítios naturais de grandes atrações, como Galápagos (Equador), Rancho Grande e as impressionantes massas de granito conhecidas como *tepuyes* (Venezuela), Bariloche e Punta Valdés (Chubut, Argentina), Iguaçu (Brasil e Argentina), Deserto dos Leões (México), bem como como várias áreas naturais de grande interesse na "geografia louca" do Chile, especialmente na sul.

Em seus estudos, Buitelaar (2001) verificou que o ecoturismo é uma atividade econômica que, como poucas, carrega a promessa de ser um motor do desenvolvimento sustentável, em particular para áreas remotas com poucas alternativas. Dessa maneira, o ecoturismo é capaz de proporcionar investimento ao país, proveniente do setor turístico, oferecendo oportunidades para negócios e emprego para empresas e pessoas locais e ofereceria recursos para a conservação e valorização do patrimônio natural. Assim, o autor conclui que, em decorrência das condições naturais da América Latina, a região encontra-se propensa a promover o ecoturismo e se beneficiar de suas vantagens e consequências.

Na mesma linha de raciocínio, Narváez e Sepúlveda (2002), em seus estudos, ressaltam que bases fundamentais em que se baseiam o ecoturismo são os ricos valores ecológicos e culturais que existem no território. Dessa forma, na América Latina, existe uma alta biodiversidade natural, juntamente com uma rica e variada cultura indígena, que atualmente se encontra em condições muito diferentes.

Nas pesquisas de Ibarra et. al. (2020), os autores ressaltam que muitas áreas naturais protegidas na América Latina são marcadas pela desintegração da comunidade como resultado de medidas de conservação. Nesse sentido, as disputas que surgem entre conservação e atividades econômicas muito perceptíveis. Como exemplo, os autores citam o Parque Nacional Submarino La Caleta, República Dominicana. Devido à saúde de seus recifes e seus recursos culturais, foi considerado um local ideal para mergulho. Além disso, as áreas circundantes são importantes para a pesca para autoconsumo. Há casos em que a população local é excluída dos benefícios, o que que originou sua marginalização e sua não participação na tomada de decisões decisões. A proteção do ambiente natural exige a aplicação de medidas funcionais que se adaptam às necessidades de cada local ou recurso natural.

Assim, para os autores, é preciso integrar as atividades relacionadas ao ecoturismo - levando em conta a experiência de casos em que as comunidades locais se adaptaram bem a áreas naturais protegidas - desde que essas comunidades estejam envolvidas. Os problemas concentram-se na diminuição da participação destes dentro das áreas naturais e protegidas. Os locais que destacam o patrimônio biocultural e o integram como uma estratégia ou modelo para áreas naturais cria essa simbiose entre natureza e cultura que traz benefícios para a conservação.

Em todos os artigos selecionados, verifica-se que há um consenso a respeito da importância do ecoturismo no território da América Latina, ressaltando a necessidade e a relevância de se preservar o meio ambiente, presente nos países latino-americanos, os quais possuem inúmeras paisagens naturais, tornando-se propensos ao ecoturismo e aos benefícios dele decorrentes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto, analisou-se que existem escassas pesquisas a respeito dos efeitos do desenvolvimento do ecoturismo na América Latina na conservação do meio ambiente, principalmente desenvolvidas no Brasil e realizadas recentemente. Observou-se que, nada obstante haver literatura científica sobre o tema em questão, muitas delas não apresentam datas recentes, além de haver poucos estudos brasileiros que delimitam o tema para a América Latina.

Ainda, há relevantes pesquisas a respeito do tema "ecoturismo" na literatura científica brasileira, entretanto, são escassas as pesquisas recentes a respeito do tema, não havendo significativa quantidade de artigos científicos dos últimos 5 anos que abordam o tema em questão.

## REFERÊNCIAS

[1] Brasil (2010). Ecoturismo: orientações básicas. Ministério do Turismo, Secretaria Nacional de Políticas de Turismo, Departamento de Estruturação, Articulação e Ordenamento Turístico, Coordenação Geral de Segmentação. https://www.gov.br/turismo/pt-br/centrais-de-conteudo-/publicacoes/segmentacao-do-turismo/ecoturismo-orientacoes-basicas.pdf

[2] Bruhns, H. B (2009). A busca pela natureza: turismo e aventura. São Paulo, Manole.

[3] Budowski, G. (2001). Ecoturismo en el siglo XXI. Naciones Unidas, Santiago de Chile.

[4] Buitelaar, R. (2001). Clusters ecoturísticos en América Latina: Hacia una interpretación. Naciones Unidas, Santiago de Chile.

[5] Coppin, L. (1992). Ecoturismo Y América Latina: una aproximación al tema.

[6] Dale, P. (2005). Definindo ecoturismo. In: Neiman, Z., & Mendonça, R (Orgs.). Ecoturismo no Brasil. Manole.

[7] Gouvea, R. & Hranaiova, J. (2004). Determinación de la importancia de las variables ambientales en la demanda total del turismo en América Latina. Estudios y Pespectivas en Turismo, 13: 129-142. https://www.estudiosenturismo.com.ar/search/PDF/v13n1y2a08.pdf

[8] Ibarra et al. (2020). Áreas naturales protegidas y participación social en América Latina: problemas y estrategias para lograr la integración comunitaria. Región y sociedade. https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1277

[9] John, N., & Weating, S. (2014). Ecoturismo: impactos, potencialidades e possibilidades. Manole.

[10] Laville, C., & Dionne, J. (1999). A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Artmed.

[11] Meirelles Filho, J. (2005). O equilíbrio entre a atividade econômica e a sustentabilidade socioambiental. In: Neiman, Z., & Mendonça, R (Orgs.). Ecoturismo no Brasil. Manole.

[12] Narváez, F. E; Sepúlveda, R. B. (2002). Ecoturismo como estrategia de desarrollo tutal em América Latina. Caso de la aldea indígena Plan Grande Quehueche (Izabal, Guatemala). Espacio, Tiempo y Forma. https://revistas.uned.es/index.php/ETFVI/article/view/2595/2468

[13] Neiman, Z. (2005). Natureza e cultura brasileiras: matérias primas do ecoturismo. In: Mendonça, R & Neiman, Zusman (Orgs.). Ecoturismo no Brasil. São Paulo, Manole.

[14] Poles, G. & Rabinovici, A (2010). O ambientalismo, o turismo e os dilemas do desenvolvimento sustentável. In: Neiman, Z. & Rabinocivi, A (Orgs). Turismo e meio ambiente no Brasil. São Paulo, Manole.

[15] Ramalho, A. L. et. al. (2010). O turismo no contexto da sustentabilidade. In: Neiman, Z. & Rabinocivi, A (Orgs). Turismo e meio ambiente no Brasil. São Paulo, Manole.

# Capítulo 20

## Turismo e gestão ambiental: Caracterização do perfil dos visitantes do Parque Nacional de Ubajara, Ceará

*Tiago Bessa Aragão*
*Rogério César Pereira de Araújo*

Resumo:O Parque Nacional de Ubajara, localizado na região da Serra de Ibiapaba, no estado do Ceará, é o único parque nacional onde é possível observar a transição da mata seca para a mata úmida. A unidade apresenta inúmeros atrativos naturais como cavernas, cachoeiras, rios, diversas espécies da fauna e flora e uma magnífica beleza cênica. É considerada como de importância biológica extremamente alta para a conservação da biodiversidade brasileira por possuir considerável diversidade de animais – inclusive com registros de espécimes da fauna silvestre ameaçada de extinção – e plantas, portanto e por essa razão, sua conservação é classificada como de alta prioridade. Para que os objetivos de recreação em contato com a natureza e turismo ecológico, educação e interpretação ambiental, e, realização de pesquisas científicas fossem eficientemente alcançados, o PARNA Ubajara passou a incorporar ao longo dos anos infraestrutura que viabilizasse tais atividades. O visitante tem a seu dispor infraestrutura para a prática de atividades recreativas e lúdicas, tais como, centro de visitantes e museu, casa da árvore, trilhas de diversos níveis de esforço físico, mirantes para contemplação da paisagem e teleférico para acesso à gruta de Ubajara, considerada a principal atração do sítio natural por ser a maior de um conjunto de 15 cavernas existentes no local e a única onde a visitação é permitida. No intuito de apoiar a gestão ambiental da unidade de conservação federal, este estudo buscou conhecer o perfil dos visitantes do parque para subsidiar o órgão gestor de informações relevantes para a adoção de ações voltadas à gestão e manejo ambientalmente sustentáveis para a conservação do sítio natural. Para isto, 414 visitantes foram entrevistados, entre os meses de julho e setembro de 2016, por meio de questionário estruturado, para coletar dados sobre seu estado civil, nível de escolaridade, participação em instituições de cunho ambiental, entre outros. No geral, o visitante do PARNA Ubajara é jovem, do sexo masculino, casado ou em união estável, com nível superior, pertencente à classe C com renda média familiar entre 10 e 12 salários mínimos vigentes em 2016. Conhecer o perfil do visitante do Parque Nacional de Ubajara é o primeiro passo para planejar a gestão e manejo da unidade na busca por soluções e medidas que garantam uma experiência agradável aos visitantes sem causar impactos significativos aos recursos ambientais da área.

Palavras-Chave: Turismo, Parque Nacional, Gestão Ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades e intervenções antrópicas têm sido apontadas como as principais causadoras de alterações adversas das características do meio ambiente resultando desta forma em degradação da qualidade ambiental (SÁNCHEZ, 2008). Segundo Primack e Rodrigues (2008), a destruição de habitats é considerada a maior ameaça à diversidade biológica sendo a extinção de espécies sua consequência mais dramática. Embora seja um processo natural, estima-se que a atividade humana seja responsável por mais de 99% das atuais extinções de espécies (PRIMACK; RODRIGUES, 2008).

O estabelecimento de áreas especialmente protegidas tem sido utilizado como mecanismo para a preservação de comunidades biológicas (MEDEIROS et al, 2011). No Brasil, as áreas protegidas são denominadas por Unidades de Conservação da Natureza (UC's) cujo objetivo geral é a proteção da biodiversidade por meio de regimes especiais de administração e manejo dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Dentre as várias categorias de UC's, até o ano de 2016, os Parques Nacionais federais somavam 72 unidades, correspondendo a 262.147,07 km$^2$. O parque nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, restringindo-se os usos pelo homem apenas à realização de pesquisas científicas, educação ambiental e o turismo ecológico (BRASIL, 2000).

Apesar de desempenharem serviços ecossistêmicos e recreativos relevantes à proteção do patrimônio natural e ao bem-estar da população, os parques nacionais estão sujeitos a ameaças constantes a sua biodiversidade, tais como caça, influências externas, espécies exóticas e coleta de produtos florestais não madeireiros (FONTOURA; MEDEIROS; ADAMS, 2016).

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão ambiental brasileiro responsável pela gestão dos parques nacionais, tem encontrado dificuldades para realizar suas ações de monitoramento e fiscalização sem intercorrências (MEDEIROS et al, 2011). Essas dificuldades estão associadas à insuficiência de recursos financeiros advindos do Governo Federal ou arrecadados com taxas de visitação. Tal situação compromete a execução de ações protetivas/combativas e, evidentemente, aquelas que objetivem a melhoria dos benefícios ecossistêmicos e recreativos desses sítios.

Nesse contexto, insere-se o Parque Nacional de Ubajara (PARNA Ubajara), localizado na região da Serra de Ibiapaba, no estado do Ceará. Este parque é o único no país onde é possível observar a transição entre vegetações típicas de ambientes seco e úmido, diferenciando-se marcantemente do bioma que integra – Caatinga – por possuir características de fauna e flora diferentes daquelas típicas do semiárido que o circunda.

O PARNA Ubajara tem contribuído para o desenvolvimento econômico da região, especialmente, devido ao fluxo significativo de visitantes provenientes de várias regiões do país (e até de outras nacionalidades) que buscam desfrutar dos atrativos naturais existentes nesse parque. No ano de 2016, o Parque recebeu um total de 104.924 visitantes, sendo os meses de dezembro, janeiro e julho, aqueles de maior fluxo.

O PARNA Ubajara está sujeito a vulnerabilidades e ameaças que põem em risco sua qualidade ambiental e seus serviços ecossistêmicos. Seu plano de manejo, elaborado em 2002, já indicava que o parque não reunia as condições satisfatórias que permitisse a proteção de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção, dos sítios paleontológicos, arqueológicos e históricos, e, o desenvolvimento do ecoturismo regional (IBAMA, 2002). Somado a isto, até o ano de 2016, o plano de manejo não havia sido atualizado no sentido de incorporar a ampliação da área do parque de 563 para 6.288 ha e ainda a regularização fundiária dessa área que ainda não ocorreu.

## 2. OBJETIVOS

Conhecer o perfil dos visitantes do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, para subsidiar o órgão gestor de informações relevantes para a adoção de ações voltadas à gestão e manejo ambientalmente sustentáveis para a conservação do sítio natural com foco em programas e projetos que dotem a unidade de conservação de sustentabilidade financeira a partir dos recursos advindos da atividade turística.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional de Ubajara (PARNA Ubajara), inserido integralmente no bioma Caatinga sob coordenadas geográficas 3º 52 S / 40º 57 O e 3º 40 S / 40º 52 O, é o terceiro menor parque nacional brasileiro e o menor do bioma Caatinga. Criado em 30 de abril de 1959 por meio do Decreto Federal n° 45.954/1959 com uma área de 4.000 hectares, teve sua área reduzida para 563 há em 1973; entretanto, em 2002 foi ampliado para os atuais 6.288 ha.

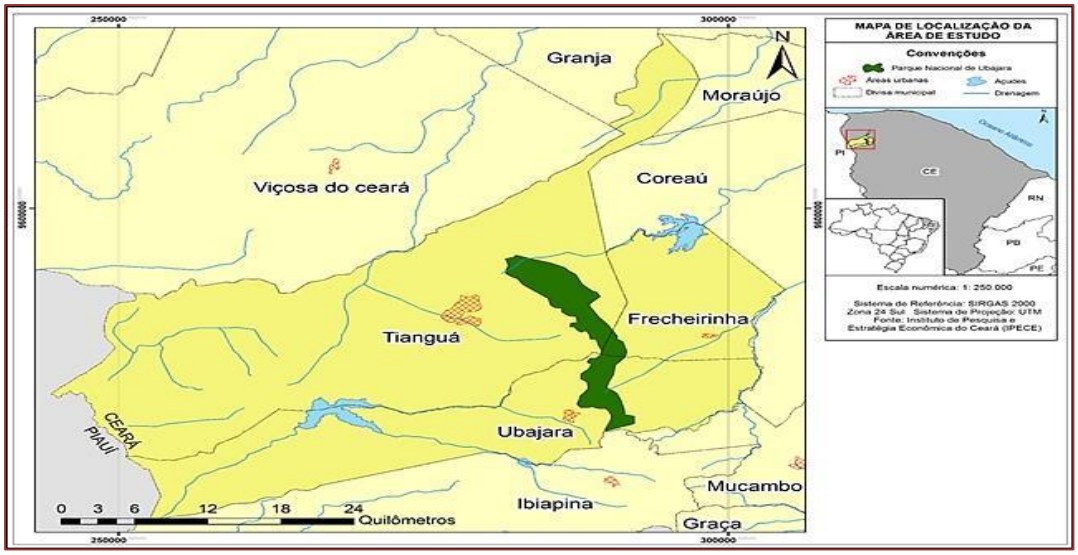
Por ser de nível administrativo federal, a gestão da UC é de competência do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) cuja sede administrativa localiza-se na Rodovia da Confiança CE 187, zona rural de Ubajara. O acesso ao PARNA Ubajara somente se dá por via terrestre. A unidade de conservação está localizada nas regiões de planejamento da Serra da Ibiapaba e do Sertão de Sobral do Governo do Ceará (IPECE, 2016), abrangendo também porções dos municípios de Tianguá e Frecheirinha (Figura 1).

Em face de sua situação topográfica, do seu relevo e altitude, o sítio natural apresenta parâmetros climáticos diversos daqueles predominantes da região semiárida a qual está inserido. O clima é do tipo tropical quente subúmido com pluviosidade média anual de 1.483,5 mm e temperatura média anual de 24° a 26°C com período chuvoso que ocorre entre os meses de janeiro e abril, e, os meses mais quentes sendo outubro e novembro (ICMBio, 2016). Essas condições abióticas especiais permitiram o desenvolvimento de uma biodiversidade singular – inclusive com espécies endêmicas. O PARNA Ubajara é o único do país no qual é possível observar a transição da mata úmida para a mata seca (IBAMA, 2002).

A área de influência do parque ocupa uma extensão total 13.968,5 km$^2$, sendo 8.529 km$^2$ ou 61,06% na porção noroeste do Estado do Ceará e 5.439,5 km$^2$ ou 38,94% na porção nordeste do Estado do Piauí, correspondendo a 5,80% e 0,02% da área territorial dos dois estados, respectivamente. A porção cearense abrange os municípios de Viçosa do Ceará, São Benedito, Carnaubal, Guaraciaba do Norte, Croatá, Ipu, Reriutaba, Graça, Sobral, Mucambo, Coreaú e partes dos municípios de Tianguá e Frecheirinha. No lado piauiense, a área de influência do parque engloba os municípios de São João da Fronteira, Piracuruca, Piripiri e Brasileira (BRASIL, 2002).

Em termos geomorfológicos, o PARNA Ubajara localiza-se no setor setentrional do Planalto da Ibiapaba, relevo de formato custeiforme na borda oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, cuja vertente oriental – escarpada e íngreme –promove a ocorrência de chuvas orográficas no platô úmido da cuesta quando em contato com os ventos úmidos do oceano Atlântico, tendo favorecido a formação da mata úmida de altitude ou Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (SIQUEIRA et al., 2011; SANTOS; NASCIMENTO, 2014).

**Figura 1:** Mapa de localização do Parque Nacional de Ubajara

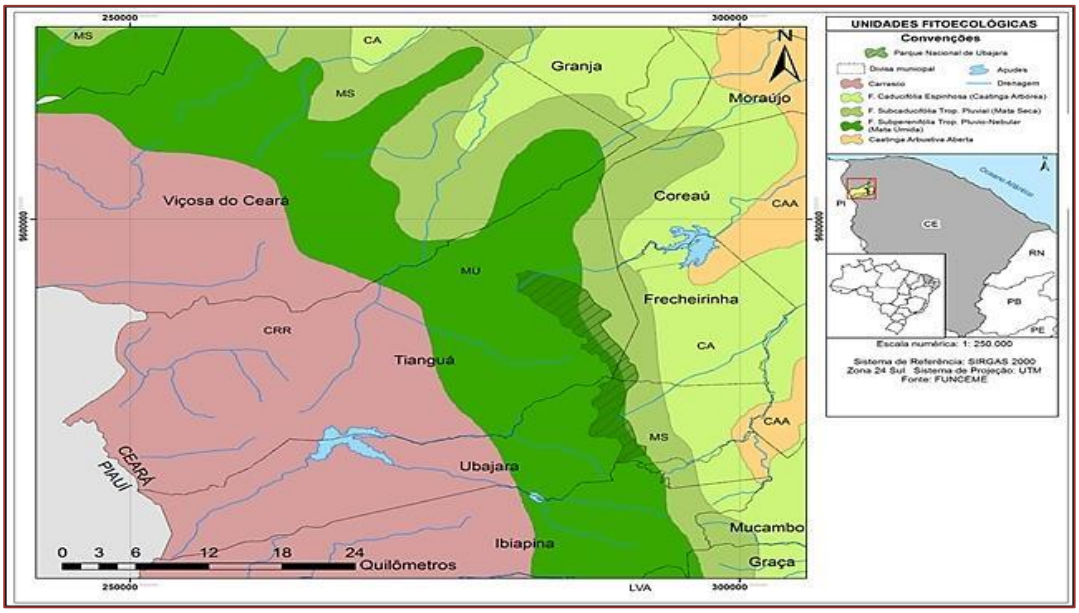



Fonte: Próprio autor (2017).

O parque está localizado à uma altitude mínima de 720 m e máxima de 840 m em relação ao nível do mar. Os solos característicos da UC são Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos, com predominância do primeiro tipo.

Devido à localização geográfica, o parque apresenta dois ecossistemas distintos (Figura 2): a Mata Úmida na porção mais elevada do planalto e a Caatinga do sopé à depressão sertaneja adjacente. As unidades fitoecológicas existentes no local são a Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida) – considerada um resquício de Mata Atlântica por Fernandes (1990 apud SIQUEIRA et al., 2011) – e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca).

**Figura 2:** Mapa de Unidades Fitoecológicas do Parque Nacional de Ubajara




Fonte: Próprio autor (2017).

A altitude e a exposição aos ventos úmidos são os agentes determinantes da ocorrência da mata úmida, ou arboreto climático perenifólio, a qual ocorre nos setores mais elevados, onde ainda podem ser observados resquícios da floresta tropical pluvial primitiva, ou em trechos de manchas intercalares. Essa comunidade vegetal é formada por árvores lenhosas de caules retilíneos, espessos, com alturas que chegam a 30 m, muitas vezes recobertos por epífitas. A mata seca ou arboreto climático estacional semi-caducifólio ocupa os níveis inferiores da vertente e ainda os mais próximos do pediplano. Indivíduos da mata úmida e da Caatinga podem ser identificados nessa área que é a comunidade vegetal mais expressiva do PARNA no que se refere à amplitude ecológica. O plano de manejo destaca que o PARNA Ubajara é o único parque nacional do Brasil onde é possível observar a transição da mata úmida para a mata seca (IBAMA, 2002).

Outra característica marcante no PARNA Ubajara é a abundância dos seus recursos hídricos. A UC está situada nas bacias hidrográficas dos rios Coreaú/CE e Parnaíba/PI (IPECE, 2016) e possui vários riachos, perenes ou intermitentes, que juntam-se formando o rio Ubajara que é um afluente do rio Coreaú. As cachoeiras existentes no local, algumas com mais de 70 m de queda livre, são um dos principais atrativos para a recreação do visitante. Conforme o plano de manejo "a característica que mais sobressai na hidrografia é sua drenagem subterrânea". Exemplo é o riacho Mucuripe que atravessa as galerias e salas mais profundas da gruta de Ubajara, formada pela erosão das rochas há milhões de anos (IBAMA, 2002).

O parque cearense é um dos principais vetores de atração turística da região por possuir, além de abundantes fauna e flora, o maior acervo espeleológico do Ceará com grande potencial paleontológico e permitir a realização de atividades esportivas, lúdicas e de lazer em contato com a natureza (Figuras 3, 4, 5).

**Figura 3:** Pórtico da entrada principal do Parque Nacional de Ubajara/CE

Fonte: Próprio autor (2017).

**Figura 4:** Teleférico do Parque Nacional de Ubajara/CE. Fonte: Cooperativa de Trabalho, Assistência ao Turismo e Prestação de Serviços Gerais (2015)

**Figura 5:** Ambiente interno iluminado artificialmente da gruta de Ubajara, a maior do complexo espeleológico do Parque Nacional de Ubajara/CE

Fonte: Cooperativa de Trabalho, Assistência ao Turismo e Prestação de Serviços Gerais (2015).

### 3.2. INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS E TAMANHO DA AMOSTRA

A metodologia utilizada foi a realização de entrevistas diretas aos visitantes do sítio natural em meses de alta e baixa temporada. Foi utilizado questionário semiestruturado, o qual era composto por quesitos de múltipla-escolha, escolha dicotômica (sim/não), questões abertas e respostas hierarquicamente ordenadas. Os questionários eram escritos em língua portuguesa e foram aplicados de forma direta a visitantes selecionados aleatoriamente, depois de realizarem a visita ao PARNA Ubajara. Os questionários foram aplicados durante dois períodos: (i) no período de Alta estação, de 29 a 31 de julho de 2016; e (ii) no período de Baixa estação, nos dias 6 e 7 de agosto e 10 e 11 de setembro de 2016.

A aplicação do questionário foi do tipo pessoal (face a face). Segundo Obara (1999), esse método tem como vantagens: i. maior interação entre entrevistado e entrevistador permitindo desta forma um melhor desenvolvimento das ferramentas de valoração; ii. maior compreensão pelo entrevistado do objeto da pesquisa visto ser possível a ilustração da entrevista com apoio visual (por exemplo, panfletos); e, iii. redução de erros amostrais decorrente da menor probabilidade de rejeição por parte do entrevistado em participar da pesquisa.

A aplicação do questionário ocorre em duas etapas. A primeira consistiu na entrega de folheto explicativo aos visitantes: assim que o visitante chegava ao PARNA Ubajara recebia um folheto explicativo colorido, com seis faces, contendo informações relativas à identificação da pesquisa e seus objetivos; a caracterização legal de um parque nacional e a importância de sua preservação. A segunda etapa consistiu no convite para participação e na entrevista propriamente dita: após o término do passeio, os visitantes eram, aleatoriamente, convidados a participar da pesquisa. Para garantir a aleatoriedade, todos os visitantes que passavam por um dos locais de entrevista eram abordados por um dos aplicadores e indagado a responder o questionário. Ressalte-se que o conceito de visitante utilizado engloba tanto indivíduos excursionistas quanto turistas nas definições de Beni (2001), além daqueles residentes no município de Ubajara, ou seja, indivíduos que não pernoitavam, os que pernoitavam no mínimo 24 horas fora do local de residência e os moradores, respectivamente. Somente pessoas com idade superior a 18 anos foram entrevistadas e, nos casos de famílias, apenas um membro foi arguido. As entrevistas foram realizadas na área externa do Centro de Visitantes & Museu; na área de acesso às trilhas; e próximo à Lanchonete. Em média cada entrevista durou cerca de 16 minutos.

O cálculo do tamanho da amostra do número de entrevistados foi obtido por meio da média anual de visitantes ao PARNA Ubajara no período de 2010 a 2015, perfazendo 100.684 visitantes em média por ano. Para o cálculo do tamanho da amostra, além do número médio anual de visitantes, assumiu-se nível de confiança de 95%, margem de erro de 5% e proporção da variável de interesse na população de 50%. A variável de interesse era se o indivíduo era ou não visitante do parque no período de 2010 a 2015, logo, “sim” ou “não”. Aplicando a Equação 1 aos parâmetros especificados o tamanho mínimo da amostra foi estimado em 383 visitantes. Contudo, para que a distribuição da amostra estimada respeitasse a proporção de visitantes nas diferentes estações do ano, o total de entrevistados foi de 417 pessoas, sendo 180 na alta estação e 237 na baixa estação. Contudo, foram computadas 414 respostas posto que três questionários apresentavam inconsistências.

$$n = \frac{[Np(1-p)Z^2]}{[p(1-p)Z^2 + (N-1)e^2]} equação(1)$$

Onde:

*n:* tamanho da amostra;

*N:* tamanho da população (N=100.684);

*Z:* valor padronizado para o nível de confiança de 95% (Z=1,96);

*e:* margem de erro máximo aceitável (0,05);

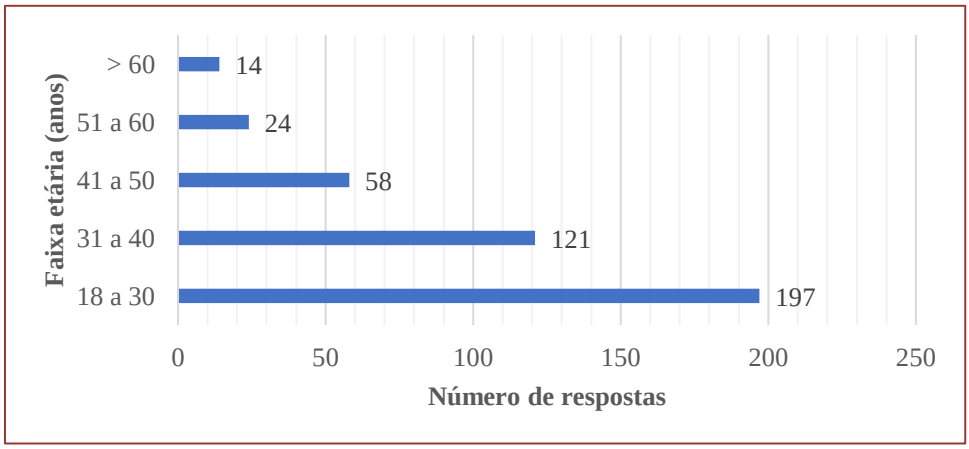
*p:* proporção da variável de interesse na população (p=0,5).

## 4. RESULTADOS

O perfil do visitante foi caracterizado com base na faixa etária, no gênero, no estado civil, no nível de escolaridade, na renda mensal familiar, situação profissional e na participação em organizações ou associação de cunho ambiental.

Com relação à faixa etária, a maioria dos entrevistados possuía idade entre 18 e 30 anos (47,58%), sinalizando que o público jovem predominou entre os visitantes e aproximando-se do padrão etário do Ceará que registrou 54,43% de pessoas com até 30 anos (IBGE, 2010). Em seguida, 29,23% dos respondentes informaram ter idade variando entre 31 e 40 anos. Os visitantes com idade entre 41 a 50 anos corresponderam a 14,01% e aqueles com idade entre 51 e 60 anos, 5,80%. Apenas 3,38% dos entrevistados apresentou idade acima dos 60 anos. A média de idade dos respondentes foi de 33 anos (Figura 6).

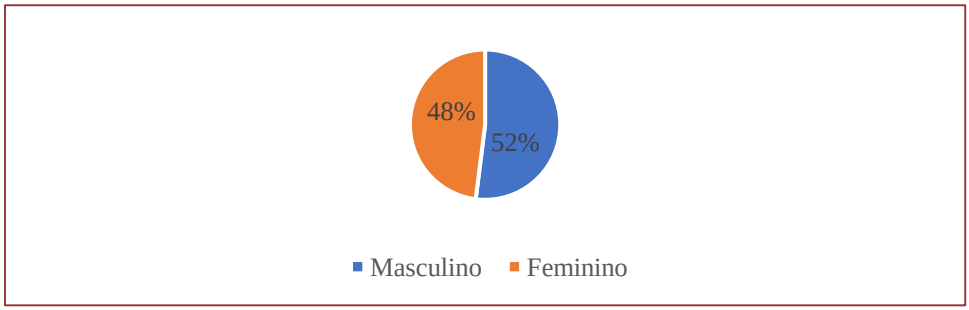
**Figura 6:** Faixa etária dos entrevistados




A maior frequência de visitantes jovens na amostra pode ser devido ao: esforço físico necessário à realização das atividades recreativas; crescente interesse do público jovem pelas questões ambientais; falta de acessibilidade ao público mais idoso.

Quanto ao gênero, o percentual do sexo masculino foi ligeiramente maior do que o feminino, conforme Figura 7. Esse resultado mostrou-se diverso do padrão para a população do Ceará na qual, em 2010, registrava 48,74% de pessoas do gênero masculino (IBGE, 2010). A maior presença de homens pode ser decorrente de que este público tem mais interesse por ecoturismo.

**Figura 7:** Gênero do entrevistado

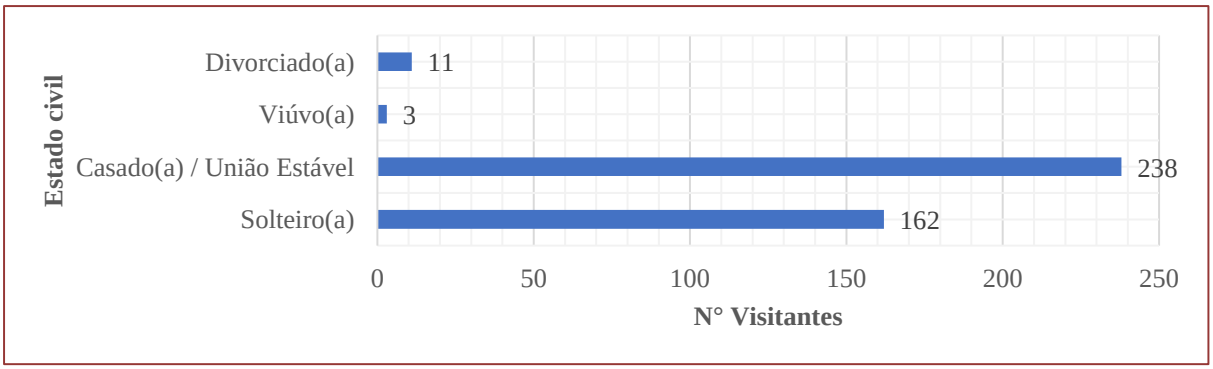





Quanto ao estado civil, a maioria dos visitantes era casado ou possuía união estável (57,49%), seguido por aqueles que se declararam solteiros (39,13%). Os divorciados foram 2,66% dos entrevistados enquanto que os viúvos somente 0,72% (Figura 8). Os resultados encontrados são superiores ao percentual registrado no Ceará, onde 33,24% das pessoas estavam em união conjugal (IBGE, 2010). Uma provável

razão provável para esse comportamento é que pessoas em relações conjugais, no geral, são adultos com renda e carreira profissional estabilizadas, permitindo realizar mais viagens de lazer.

**Figura 8:** Estado civil do entrevistado

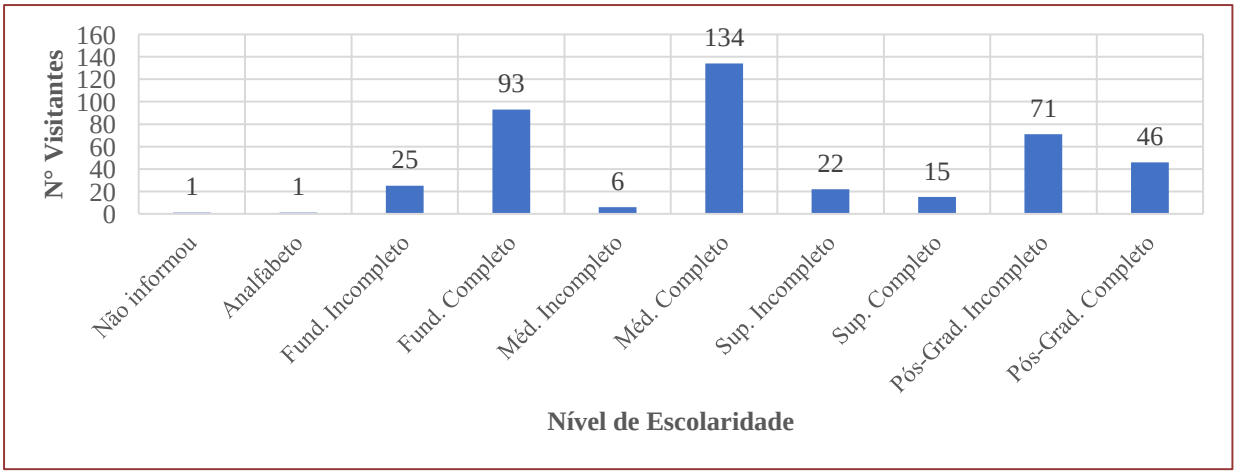



Em relação ao tamanho da família, em média, na casa do entrevistado moravam 4 pessoas ao todo.

Com relação ao nível de escolaridade, um em cada três entrevistados possuía nível médio completo. Cerca de 31,00% dos entrevistados possuía no mínimo o ensino superior completo, sendo que 11,11% do total de visitantes já havia concluído algum curso de pós-graduação. Um resultado relevante foi o significativo número de visitantes que só havia concluído o nível fundamental, 22,46% (Figura 9).

Desta forma, percebe-se ligeira equivalência entre os percentuais dos três níveis de escolaridade: nível fundamental completo (28,74%); nível médio incompleto ou completo (33,82%); graduação e pós-graduação incompleta ou completa (37,20%). Porém, fica evidente a maior frequência de visitantes com escolaridade de nível superior no PARNA Ubajara. Esse resultado pode ser decorrente de que visitante com mais anos de estudo, geralmente, possuem renda mais elevada e, desta forma, gastam mais com lazer e turismo.

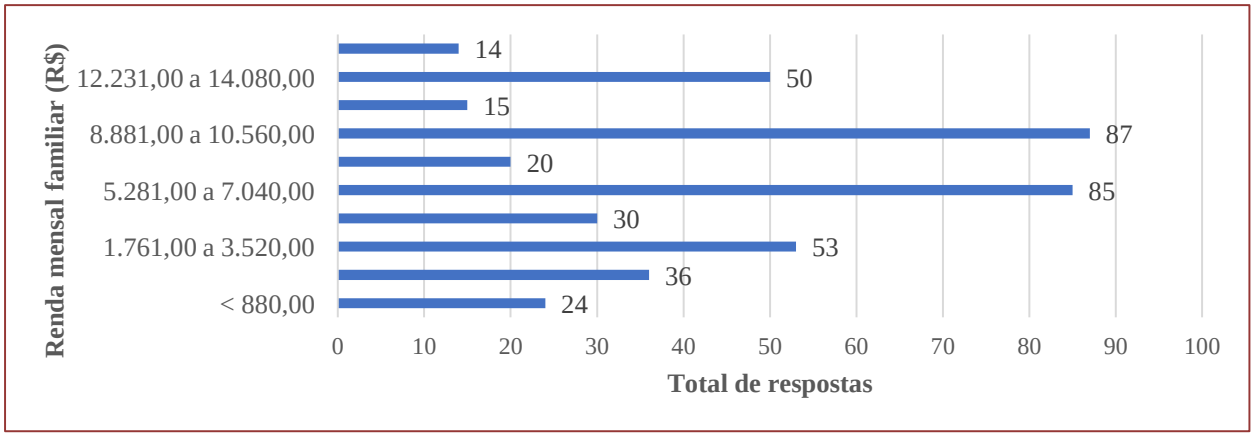
**Figura 9:** Nível de escolaridade do entrevistado



Quanto a renda mensal familiar, os resultados mostraram ligeira predominância do intervalo entre 10 e 12 salários mínimos vigentes em 2016[8]: 21,01% dos entrevistados respondeu que a renda mensal da família era de no mínimo R$ 8.881,00 e no máximo R$ 10.560,00 (Figura 10).

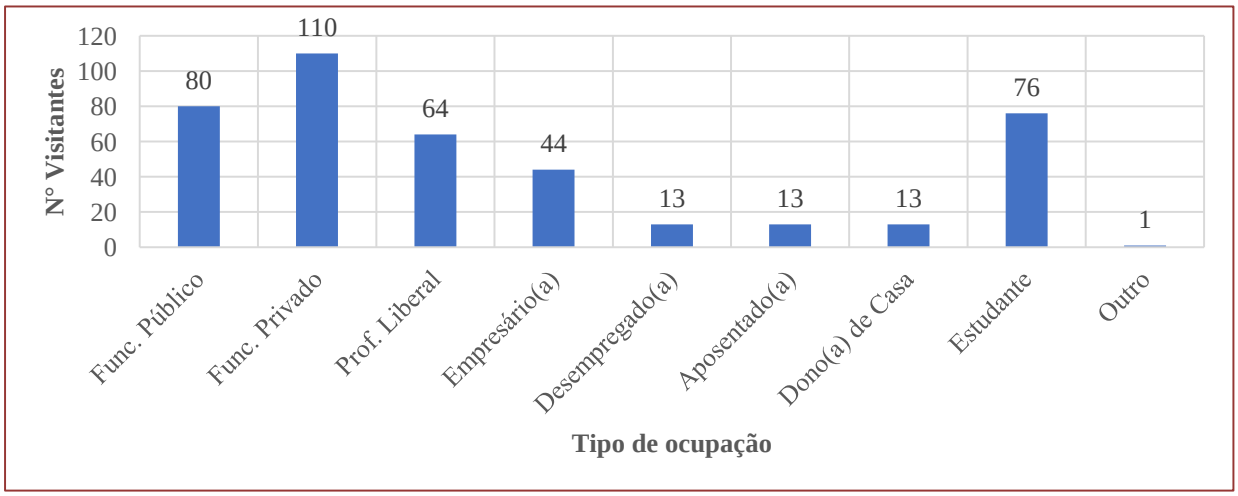
A renda mensal familiar média ponderada do visitante foi de R$ 6.998,14, calculada com base no ponto médio de cada faixa de valores à exceção das faixas mais baixa e alta nas quais adotou-se os limites máximo e mínimo, respectivamente. Portanto, esses resultados demonstram que o visitante típico do PARNA Ubajara pertence à Classe Social C[9] com renda média mensal entre R$ 3.520,00 e R$ 8.800,00, valores acima da média da população cearense que possuía renda domiciliar de R$ 751,00[10].

**Figura 6:** Distribuição dos entrevistados segundo a renda média familiar




O visitante informou qual sua ocupação vigente à época da pesquisa. As respostas mais frequentes foram: funcionários de empresas privadas (26,57%); funcionários públicos (19,32%); estudantes (18,36%); e profissionais liberais (15,46%). Portanto, a maior parte dos entrevistados apresentava situação ocupacional ativa durante a realização da entrevista (Figura 11), resultado esperado haja vista que há custos para a realização da viagem ao parque.

**Figura 7:** Situação profissional do entrevistado

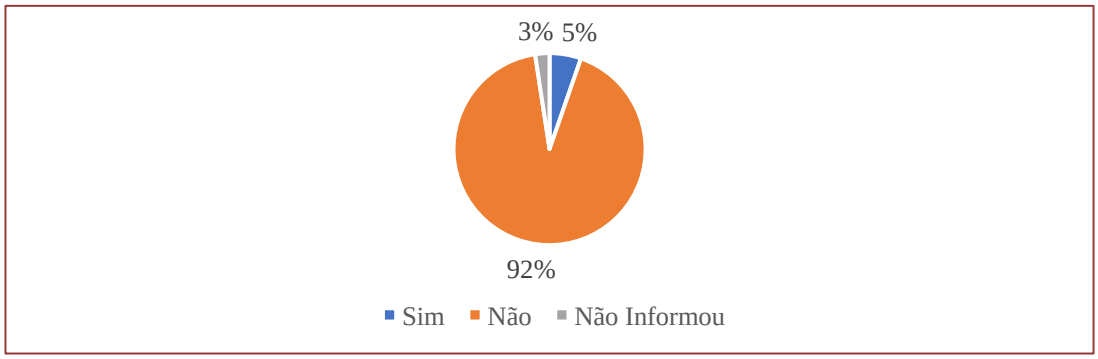





[8] R$ 880,00.
[9] Classes sociais segundo a renda mensal familiar conforme o IBGE: A (Acima de R$ 20 salários mínimos); B (De 10 a 20 salários mínimos); C (De 4 a 10 salários mínimos); D (De 2 a 4 salários mínimos); e E (Até 2 salários mínimos).
[10] Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (PNAD Contínua). Fonte: IBGE, 2016.

Finalmente, indagado quanto sua participação em associações ou organizações (público ou privada) envolvidas na temática ambiental, a maioria dos entrevistados respondeu não ser membro (Figura 12). O comportamento encontrado nesta pesquisa assemelha-se ao resultado de estudo conduzido pelo Ministério do Meio Ambiente que concluiu que "há grande simpatia pelas organizações que protegem o meio ambiente, mas o conhecimento sobre elas é pequeno e a filiação pouco expressiva" (MMA, 2006).

**Figura 8:** Percentual de participação em organizações de cunho ambiental




## 5. CONCLUSÕES

O turismo ecológico e as atividades recreativas em contato com a natureza são formas possíveis da gestão dos parques nacionais promoverem a educação ambiental e, a partir da cobrança de taxas de ingresso para visitação, obterem recursos para a sustentabilidade financeira desses espaços legalmente protegidos. Ambas estratégias podem, se bem empregadas, potencializar a conservação das unidades que vêm sofrendo com ameaças constantes à sua integridade.

Destacamos que conhecer o perfil do visitante do Parque Nacional de Ubajara é o primeiro passo para planejar a gestão e manejo da unidade na busca por soluções e medidas que garantam uma experiência agradável aos visitantes sem causar impactos significativos aos recursos ambientais da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BENI, M. C. Análise Estrutural do Turism**o**. SENAC, São Paulo, 2001. 516p.

[2] BRASIL. Decreto n° 45.954, de 30 de abril de 1959. Cria o Parque Nacional de Ubajara, Estado do Ceará. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 abr. 1959. Disponível em: <http:// http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-45954-30-abril-1959-385053-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em 20 abr. 2016.

[3] _____. Lei n. º 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm> Acesso em 20 abr 2016.

[4] FONTOURA, L. M.; MEDEIROS, R. J.; ADAMS, L. W. Turismo, pressões e ameaças para a conservação da biodiversidade em parques nacionais do Brasil e Estados Unidos. Cultur, ano 10, n. 1, 2016.

[5] IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Portaria n° 170, de 24 de dezembro de 2002. Estabelece o plano de manejo do Parque Nacional de Ubajara/CE. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 2002. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/825157/pg-384-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-27-12-2002> Acesso em 20 mai 2016.

[6] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/home-cidades> 2010. Acesso em 05 mar 2017.

[7] ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Parque Nacional de Ubajara. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaubajara/quem-somos.html> Acesso em 20 fev 2016.

[8] IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Regiões de Planejamento do Estado do Ceará. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11/122x.htm> Acesso em 20 abr 2016.

[9] MEDEIROS, R.; YOUNG; C. E. F.; PAVESE, H. B.; ARAÚJO, F. F. S. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo. Brasília: UNEP WCMC, 2011. 44p.

[10] MMA, Ministério do Meio Ambiente. Diretrizes para visitação em unidades de conservação. Brasília, DF, 2006. 61p. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/_arquivos/livro.pdf> Acesso em 10 jan 2017.

[11] OBARA, A. T. Valoração Econômica de Unidades de Conservação – O método de valoração contingente. Caso de estudo: Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio – SP). Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 1999.

[12] PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da conservação. 9. ed. Londrina: Planta, 2008. 328p.

[13] SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495p.

[14] SANTOS, F. L. A.; NASCIMENTO, F. R. Mapeamento geomorfológico do Planalto da Ibiapaba: enfoque nas feições morfoesculturais dos municípios de Tianguá e Ubajara – CE. Revista Geonorte, edição especial 4, v. 10, n. 1, p. 248-252, 2014.

[15] SIQUEIRA, S. M. C. et al. Briófitas de um remanescente de Mata Atlântica no município de Ubajara, CE, Hoehnea, Brasil., ed. 38, p. 597-608, 2011.

# Capítulo 21

## *Percepção dos hóspedes sobre a prática do consumo sustentável na Hotelaria*

*Mariana Pires Vidal López*
*Patrícia Oliveira de Freitas*
*Sandra Martins Lohn Vargas*

Resumo: A Sustentabilidade significa desenvolvimento que, para ser pleno, deverá satisfazer as necessidades das presentes gerações sem comprometer a capacidade das futuras de satisfazer as suas. O objetivo deste artigo é avaliar o impacto do consumo sustentável dentro da hotelaria sob a percepção do hóspede. A pesquisa foi realizada sob a perspectiva de uma abordagem quali-quantitativa, com questionário aplicado aos hóspedes no ano de 2016. O questionário foi analisado através da estatística descritiva para verificar a média e o desvio padrão da satisfação, segundo a percepção dos mesmos, em cada uma das dimensões analisadas (imagem, ambiental, social, cultural e territorial e econômica). Posteriormente, como forma de revisitar os dados foi realizada uma bibliometria dos últimos três anos (2017 – 2019) como forma de analisar o quanto se havia pesquisado a respeito da temática na percepção dos hóspedes. Os resultados obtidos na pesquisa com os hóspedes mostraram que as práticas sustentáveis do hotel ainda não tem sido um fator preponderante para as escolhas por meios de hospedagem. A bibliometria demonstrou que estudos dentro desta temática nos anos estudados ainda são poucos, mas de certa forma foi possível perceber um relativo crescimento desta preocupação nas investigações e nas práticas do setor. Fazem-se necessários novos estudos no sentido de verificar se a preocupação com a sustentabilidade tem sido um aspecto recente na formação do consumidor cidadão. A relevância do estudo está em discutir a ampliação da consciência socioambiental do hóspede em relação ao consumo no setor hoteleiro.

Palavras-Chaves: Sustentabilidade; Hóspede; Hotel; Consumo.

## 1. INTRODUÇÃO

A Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro. Seguindo estes parâmetros, a humanidade poderá garantir o desenvolvimento sustentável (Ferrel, Fraedrich & Ferrel, 2001).

Considerando o Tripé da Sustentabilidade, uma empresa sustentável deve ser financeiramente viável, socialmente justa e ambientalmente responsável (CMMAD, 1991; Elkington, 2004). Será abordado neste estudo o setor hoteleiro um dos mercados turísticos que têm se preocupado com os três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental) ao longo das últimas décadas. Estima-se que 75% dos impactos ambientais criados pela indústria hoteleira possam ser atribuídos ao consumo excessivo e à utilização de bens não duráveis, como energia e água, seguidas de emissões de gases libertados no ar, na água e no solo (APAT, 2002).

A relação da sociedade com o consumo foi mudando ao longo do tempo e, se inicialmente essa prática estava associada apenas à satisfação das necessidades, com o passar do tempo e as alterações nos modos de produção a aquisição de mercadorias e serviços passou a seguir uma lógica pautada no consumo considerado "supérfluo". Essa lógica se potencializa com a gradual popularidade obtida pelas compras online, que passam a apresentar uma diversidade de produtos cada vez maior além de facilidades de compra/entrega, deixando o consumidor com a sensação de que possui o poder de escolha, quando, este também passa a ser cada vez mais influenciado pela indústria e pelas propagandas, bastante invasivas nesses suportes.

A essa lógica se soma um movimento necessário de pensar em práticas que considerem o consumo de maneira consciente, repensando o produto ou serviço que está sendo adquirido e consumido, e ampliando o conhecimento a respeito das consequências geradas pelo ato da compra. Essa conscientização é responsável por um maior entendimento por parte dos consumidores de que todas as escolhas realizadas no momento da compra têm sua importância e consequências.

A variável ambiental tem gradativamente sido incluída como fator na hora da escolha, levando o consumidor a preferir produtos que não agridam tanto o meio ambiente ou que estabeleçam com este uma relação mais harmônica, considerando os problemas ambientais gerados pelo consumo exagerado e o consequente aumento da produção industrial. As estratégias que pensam na sustentabilidade podem ser percebidas tanto por parte das empresas quando dos consumidores em diversos setores, como o hoteleiro, sendo o foco neste estudo, no qual será avaliada a materialização dessas mudanças.

Nesse sentido, este estudo tem como objetivo avaliar o impacto do consumo sustentável dentro da hotelaria sob a percepção do hóspede, sendo dividido em dois momentos, levantamento de dados primários por meio de pesquisa aplicada com hóspedes, e dados secundários por meio de estudo bibliométrico em Base de Dados. Dessa forma, o estudo busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: Qual o impacto do consumo sustentável no setor hoteleiro?

No entanto, salienta-se que o ano de 2020 iniciou com imensos desafios e incertezas para a humanidade. A pandemia da Covid-19 modificou, dentre tantas coisas, as relações humanas e as rotinas de trabalho, família, estudos, consumo, lazer e viagens; desestruturando a lógica da livre circulação de pessoas e mercadorias, e ocasionando a paralisação e/ou readequação de muitos segmentos econômicos (Gössling, Scott & Hall, 2020; Haesbaert, 2020).

Dessa forma, ocorrerá no setor hoteleiro mudanças consideráveis, novos protocolos de atendimento ao hóspede, de higienização, sanitização e desinfecção serão implementados, pois, no momento atual (2020) onde não há medicamentos e vacina para o combate ao vírus há a necessidade de cuidados higiênicos e distanciamento social. Com isso, haverá impactos nas práticas sustentáveis na hotelaria que na grande maioria dos hotéis se baseavam na redução do consumo de água e energia que além da questão ambiental era uma questão econômica relevante. Haverá a necessidade de se repensar o tripé da sustentabilidade no pós-pandemia.

## 2. SUSTENTABILIDADE E CONSCIÊNCIA AMBIENTAL

Sustentabilidade significa desenvolvimento que, para ser pleno, deverá satisfazer as necessidades das presentes gerações sem comprometer a capacidade das futuras de satisfazer as suas. Considerando o Tripé da Sustentabilidade, uma empresa sustentável deve ser financeiramente viável, socialmente justa e ambientalmente responsável (CMMAD, 1991; Elkington, 2004).

O Desenvolvimento sustentável significa obter crescimento econômico necessário, garantindo a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social para o presente e gerações futuras. Portanto, para que ocorra o desenvolvimento sustentável é necessário que haja uma harmonização entre o desenvolvimento econômico, a preservação do meio ambiente, a justiça social, a qualidade de vida e o uso racional dos recursos da natureza. Sob o olhar de Oliveira, Gomez e Correia (2018), esses apresentam a ideia da insustentabilidade, no sentido de que se vivencia um atual momento de padrões e níveis de consumo que decorrem de uma exploração excessiva de recursos naturais pelos sistemas produtivos, agravando de forma acelerada o processo de resíduos.

Salienta-se que, um dos grandes avanços na busca pelo desenvolvimento sustentável deu-se por meio da implantação da Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A lei estabelece as diretrizes para a regulamentação da geração dos resíduos sólidos no país, dando ênfase para a questão da responsabilidade compartilhada sobre a prevenção e redução da geração de resíduos por parte dos geradores (Brasil, 2018).

Os termos Reduzir, Reutilizar e Reciclar, também conhecido como os 3 R's da sustentabilidade, são ações práticas que visam estabelecer uma relação mais harmônica entre consumidor e meio ambiente. Adotando estas práticas, será possível diminuir o custo de vida (reduzir gastos e economizar), além de favorecer o desenvolvimento sustentável. Baseado na política do 3R's, se prestarmos atenção nas compras que se realizam no cotidiano e nos serviços que se contratam, percebe-se a aquisição de muitas coisas que não precisam ou que se usam poucas vezes. Salienta-se que o consumo consciente é importante não só para o bom funcionamento das finanças domésticas como também para o meio ambiente, sendo o desenvolvimento sustentável o grande desafio do século XXI e todos podem colaborar para que se possa atingir este importante objetivo (Brasil, 2018).

Como forma de complementar o estudo da política do 3R's, Alkmin (2015) explana a política do 5R's visando uma consciência ainda maior do consumidor no sentido de focar na mudança individual e reverter o comportamento coletivo. Além dos termos reduzir, reutilizar e reciclar, inclui os termos repensar e recusar. Salientam-se ações práticas para reduzir como: o uso racional da água, economia de energia e economia de combustíveis, com caminhadas e bicicletas. São ações que geram economia, faz bem para a saúde e ajuda e diminuir a poluição do ar. Assim como, quando se reutiliza um produto, gera uma boa economia doméstica, além de colaborar para o desenvolvimento sustentável, e se o produto não for descartado de forma correta, poderá poluir o meio ambiente (Alkmin, 2015; Brasil, 2018).

Algumas ações como costurar uma roupa rasgada ou transformar em outra peça; computadores, impressoras e monitores em bom estado podem ser doados para outras instituições; folhas de papel podem ser transformadas em papel de rascunho; um móvel quebrado pode ser consertado ou doado; a água usada pode ser reutilizada para outros fins domésticos, enfim, com criatividade pode-se reutilizar vários produtos.

Nos dias atuais fala-se muito em reciclagem, mas é importante obter informação a respeito e compartilhar com as pessoas, pois ainda há muita dúvida a respeito da separação de lixo, por exemplo, diferenciar plástico, metal, vidro ou papel do lixo orgânico. O lixo reciclável poderá ser transformado novamente em matéria-prima para voltar ao ciclo produtivo, se for descartado da maneira correta, além de gerar renda e emprego para pessoas que trabalham com reciclagem (Alkmin, 2015; Brasil, 2018).

Sobre o termo repensar, é possível refletir a respeito do processo socioambiental de produção, repensar nossas atitudes, percebendo qual a verdadeira necessidade de determinado consumo ou o quanto estará agredindo o meio ambiente uma determinada produção, perceber o processo, desde a matéria-prima, condições de trabalho, distribuição e descarte (Alkmin, 2015). Assim como, o termo recusar traz a importância para o consumidor avaliar o seu comportamento e evitar o consumo exagerado, e principalmente, o consumo desnecessário. Assumir uma responsabilidade em adquirir apenas produtos essenciais para a sua vida diária, saber a procedência do mesmo e se certificar que não causem danos ao meio ambiente e a saúde de quem está consumindo (Alkmin, 2015; Brasil, 2018).



A água é um recurso natural essencial na indústria hoteleira, porém em um hotel a conservação da água é uma das mais eficazes e práticas ambientalmente responsáveis e amplamente utilizadas, pois, como em

muitas empresas, a água é um recurso fundamental para operação de um hotel (Untaru et al., 2016 apud Han & Hyun, 2018). Entende-se que o desenvolvimento sustentável de forma orientada e a informação ao consumidor são necessários, baseado no acelerado crescimento das cidades, indústrias e quantidade de veículos que estão causando sérios problemas ao meio ambiente, porém, alerta-se para a educação e conscientização para minimizar tantos danos, e nesse sentido, salienta-se a responsabilidade dos setores públicos e privado com base na gestão ambiental, econômica e social.

## Da satisfação de necessidades ao consumo simbólico

Nosso interesse neste artigo é abordar questões relativas ao consumo sustentável, para tal consideramos importante trazer uma breve abordagem sobre o consumo em si. A análise do tema consumo na sociedade contemporânea tornou-se um objeto de investigação mais abrangente. Nossas sociedades se caracterizam pelo consumo de bens e serviços. Entretanto, esse consumo não pode ser avaliado e analisado apenas a partir da ótica da produção desses bens e serviços que serão consumidos. Essa é a perspectiva da economia clássica, que analisa o consumo como o fim da produção. Os indivíduos agiriam de forma racional visando maximizar satisfações através de valores de uso. Mas essa abordagem passou a ser considerada como insuficiente para analisar as sociedades contemporâneas, onde o consumo ocupa um papel importante na vida cotidiana.

O consumo ganhou uma expressiva relevância no campo das ciências sociais. Sua ampliação realizou-se através da crítica da visão clássica do consumo como simples satisfação das necessidades. A partir dessa crítica adquiriram relevância as análises voltadas para a dimensão simbólica envolvida no consumo.

Baudrillard apud Featherstone (1995) afirma que a característica principal da produção em massa de mercadorias, que é a subordinação do valor de uso ao valor de troca sob o capitalismo, teve como consequência a modificação da mercadoria em um signo, que tem seu significado determinado não mais por seu valor de uso, mas por sua relação no sistema de significantes. O significado da mercadoria passa a ser então arbitrário. Dessa forma, o consumo passa a ser entendido como um consumo de signos e não mais de valores de uso (Featherstone, 1995).

Os bens são mais do que meios de subsistência, são meios de exibição competitiva. “Todos concordam a respeito dessa abordagem dos bens, que sublinha o duplo papel de provedores da subsistência e de marcadores das linhas de relações sociais”. (Douglas & Isherwood, 2009, p. 106).

A marca associada a um produto ou serviço desempenha o papel de agregar valor aos produtos/serviços/empresas a ela associados. O poder da marca se amplia à medida que os atributos simbólicos adquirem importância na decisão de compra. Uma marca determinada representa um valor simbólico em termos de imagem, emoção e *status*. O significado de uma marca adquire especial importância quando se constata que, em muitas categorias, o consumidor não compra o produto, mas a marca.

Douglas e Isherwood (2009, p. 36) destacam que os bens de consumo não são meras mensagens, eles constituem o próprio sistema. “Os bens são neutros, seus usos são sociais, podem ser usados como cerca ou como pontes”. Nesta perspectiva os autores assinalam que o uso que as pessoas fazem dos bens são determinantes para entender as especificidades das relações sociais.

Em um estudo realizado na cidade de Curitiba – Brasil discute-se que o consumo torna-se uma produção de significados, visto que as pessoas são movidas pela influência da mídia e publicidade, buscam prazer, bem estar e conforto no momento das compras, o que também torna esse momento uma experiência repleta de emoções. O consumo envolve diversos aspectos que podem estar relacionados à vida social, econômica, condição geográfica, contexto cultural e atitudes do consumidor no momento de suas compras (Horodyski & Gândara, 2017).

## A questão ambiental e o debate do consumo sustentável

A discussão sobre o consumo na contemporaneidade envolve não apenas o ato em si, mas os impactos deste no planeta. Portilho (2005b) salienta que para pensar o consumo sustentável é preciso ter em mente a discussão da questão ambiental. Fazendo um esforço para resumir o pensamento da autora destacamos o que ela aponta como mudanças discursivas onde até a década de 1970 o principal elemento responsável pela crise ambiental seria o crescimento populacional. A partir da década de 70 o impacto da produção era o foco e a partir da década 90 os impactos do consumo se tornam os vilões.

A autora aponta que, após a Conferência de Estocolmo, tornou-se explícito o argumento, dos países em desenvolvimento, que os principais responsáveis pela crise ambiental eram as nações industrializadas. Aqui se percebe o que ela caracteriza como um primeiro deslocamento das atenções da crise ambiental que passa do crescimento populacional nos países em desenvolvimento para os padrões de produção dos países industrializados. Com a realização da Conferência Rio-92 ocorre a chamada segunda mudança na perspectiva da crise e se começa a apontar a responsabilidade dos estilos de vida e consumo, principalmente das populações dos países do Norte, pela crise ambiental (Portilho, 2005b).

A ampliação da problematização da questão do consumo não se deu apenas a partir da ampliação da importância dos aspectos simbólicos nela envolvidos. Tal discussão se ampliou na perspectiva das consequências do ato de consumir. Surgem neste contexto diferentes modos de perceber esses impactos. Para Portilho (2005a, p. 3), o consumo verde reflete uma preocupação do consumidor "além da variável qualidade/preço, inclui em seu "poder de escolha", a variável ambiental, preferindo produtos que não agridam, ou seja, percebidos como não agressivos ao meio ambiente".

É importante salientar como aponta Silva (2012) que a falta de consenso em relação à conceituação de consumo sustentável (CS), que é frequentemente confundido com o conceito de consumo verde e consumo consciente ou responsável, mas que por sua vez os quais trabalham a ideia de ação individual. Desse modo, compreende-se o CS como uma atividade complexa efetivada pela interação entre atores sociais.

Portilho (2005a, p. 4) afirma que também assinala para uma perspectiva mais abrangente do consumo sustentável, "[...] o meio ambiente deixou de ser relacionado apenas a uma questão de como usamos os recursos (os padrões), para também estar vinculado à preocupação com o quanto usamos (os níveis); portanto, um problema de acesso, distribuição e justiça".

O termo consumo político, ou politizado, tem sido utilizado, por diversos pesquisadores (Canclini, 1995; Micheletti, 2003; Portilho, 2005a) citados por Portilho, Castaneda e Castro (2011), para mostrar que o consumo é uma arena de tomada de decisão carregada de potenciais conflitos de valores e desejos, de capacidade política e de restrições socioeconômicas.

## 3. METODOLOGIA DO ESTUDO

As pesquisas realizadas neste estudo ocorreram em dois momentos. No primeiro momento no ano de 2016, foram pesquisados 125 hóspedes na cidade do Rio de Janeiro. No segundo momento no ano de 2019, foram pesquisados novos dados na literatura a respeito dos temas.

Buscou-se com o instrumento aplicado a percepção dos hóspedes sobre o impacto do consumo sustentável, cruzando as informações referentes ao sexo, idade, escolaridade, formação e faixa de renda. No instrumento realizado com os hóspedes havia as dimensões da sustentabilidade, sendo: Dimensão Ambiental, Econômica, Social, Cultural e Territorial, e Imagem, utilizando-se uma escala intervalar com 5 pontos (pouco satisfatório a muito satisfatório) (Quadro 1).

**Quadro 1:** Dimensões e variáveis investigadas

| Dimensões | Variáveis | Perguntas |
|---|---|---|
| **Ambiental** | Política de energia | O hotel dispõe de uma política de redução do consumo de energia (ex: sensores de presença, economizadores nos apartamentos, lâmpadas led). |
| | Política de Água | O hotel dispõe de uma política de redução no consumo de água (ex: troca não diária de roupa de cama, regulador de água no chuveiro, descarga de duplo acionamento). |
| | Atividade de Educação Ambiental | O hotel oferece atividades de educação ambiental. (ex: distribuição de sacolas de lixo quando irá se fazer uso da praia). |
| **Econômico** | Diária versus qualidade dos serviços | O valor da diária reflete na qualidade dos serviços. |
| | Processos sustentáveis | O hotel utiliza processos sustentáveis que refletem no aumento do valor das diárias (ex: comidas orgânicas, energias alternativas). |
| **Social, Cultural e Territorial** | Cultura local | O hotel divulga a cultura local entre os hóspedes. (ex: obras de arte de artes dos artesãos locais). |
| | Culinária local | O hotel oferece culinária local. |
| **Imagem** | Recomendaria este hotel | O hotel disponibiliza serviço de reclamações/ sugestões. (exemplo: SAC, ouvidoria). |
| | Serviço de reclamação/sugestão | O hotel disponibilizava de pesquisa de satisfação para o hóspede. |
| | Pesquisa de satisfação para o hóspede | Recomendaria este hotel à outra pessoa. |
| | A publicidade versus aspectos sustentáveis. | A publicidade que o hotel realiza envolve a preocupação com aspectos sustentáveis. |
| | Materiais promocionais | Os materiais promocionais são claros e completos no que diz respeito aos produtos e serviços, incluindo aspectos de sustentabilidade. |

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Posteriormente, no ano de 2019, como forma de revisitar os dados foi realizado um estudo bibliométrico dos últimos três anos (2017 – 2019) como forma de analisar o quanto se havia pesquisado a respeito da temática na percepção dos hóspedes. Essa etapa da pesquisa foi desenvolvida na base de dados Scopus a partir do portal de periódicos da CAPES, sendo que no primeiro momento foram utilizadas as palavras chave: sustentabilidade, hotel e hóspede, e posteriormente foi constituída uma planilha para registro dos achados da pesquisa.

A busca com as palavras-chave sustentabilidade, hotel e hóspede revelou 36 trabalhos que foram incluídos em uma planilha para registro dos seguintes elementos: títulos, autores, palavras-chave, resumo, periódico, ano de publicação e link para o artigo. A partir da leitura dos resumos foram selecionados 12 artigos para uma análise mais aprofundada, destes, 1 artigo não foi encontrado em plataformas de acesso livre e por esse motivo não fez parte da avaliação. Assim, analisaram-se 11 artigos que tratavam da perspectiva dos hóspedes sobre as práticas sustentáveis dos hotéis, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2:** Resumo de artigos pesquisados em estudo bibliométrico

| Ano / Periódico | Palavra-chave | Título | País |
|---|---|---|---|
| 2019 /Journal of Cleaner Production | Green practices, Green hotel, Ecolabel, Environmental Communication, Guest loyalty. | The role of environmental practices and communication on guest loyalty: Examining EU-Ecolabel in Portuguese hotel. | Portugal |
| 2019 / Sustainability | Sustainability, Internet-of-Things, drivers, hotel industry, hotel management, smart management, smart devises, high-end hotel. | Drivers for Pursuing Sustainability through IoT Technology within High-End Hotels An Exploratory Study. | Espanha |
| 2019 / Journal of Travel Research | Choice architecture, defaults, hotel room cleaning, pro-environmental behavior, sustainability. | To Clean or Not to Clean? Reducing Daily Routine Hotel Room Cleaning by Letting Tourists Answer This Question for Themselves. | Eslovênia |
| 2019 / International Journal of Civil Engineering and Technology | Hotels, sustainability, green hotel. | Perceptions of the employees on green and sustainable practices in the hotel industry and its implications: Empirical evidence from the selected star hotel. | Chennai |
| 2019 / Ekonomia i Srodowisko | Eco-friendly accommodation facility, Environmental measures, Green management, Hotel industry, Services. | Green management implementation in accommodation facilities in Bulgaria. | Bulgária |
| 2019 / Journal of Hospitality Marketing & Management | Conservation management, recycling and waste reduction, water saving, energy conservation, attitudinal loyalty, green hotel. | Impact of hotels' sustainability practices on guest attitudinal loyalty: application of loyalty chain stages theory. | Vietnã |
| 2018 / Ambiente e Sociedade | Sustainability; innovation; environmental management. | Environmental management in hotels: Sustainable technologies and practices applied in hotel. | Brasil |
| 2018 / Tourism Management | Water conservation, Towel reuse, Hotel guests, Eco-friendly behavior in everyday life, Normative process, Affective process. | What influences water conservation and towel reuse practices of hotel guests? | EUA |
| 2018 / International Journal of Hospitality and Tourism Administration | Green hotel, green practice, environmental sustainability, TripAdvisor, environmentally friendly practice. | Examining green reviews on TripAdvisor: Comparison between resort/luxury hotels and business/economy hotel. | EUA |
| 2017 / Journal of Quality Assurance in Hospitality and Tourism | Certification, hotel and lodging, online reviews, sustainability. | Sustainability Management of Hotels: How Do Customers Respond in Online Reviews? | Costa Rica |
| 2017 / Cornell Hospitality Quarterly. | Behavior change, field experiment, meta-analysis, sustainability, towel reuse. | Promoting Sustainable Hotel Guest Behavior: A Systematic Review and Meta-Analysis. | EUA |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Um primeiro olhar foi para a região que as pesquisas focaram e verificou-se que apenas 1 estudo foi desenvolvido no Brasil, 4 estudos foram na Europa, 3 nos Estados Unidos, 1 na Costa Rica, 1 no Vietnã e 1 na Índia. Dos estudos analisados, 6 estudos foram publicados no ano de 2019, 3 estudos em 2018 e 2 estudos em 2017.

## 4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A partir dos dados correlatados em pesquisa aplicada com hóspedes na Cidade do Rio de Janeiro, Brasil, juntamente com o estudo bibliométrico dos últimos três anos (2017 – 2019), em relação à percepção do consumo do hóspede por locais que trabalham sob a perspectiva da sustentabilidade, foi possível realizar novas correlações neste estudo, sendo apresentado neste capítulo.

### A percepção dos hóspedes sobre as práticas sustentáveis dos hotéis

No ano de 2016, foi realizado um questionário com 125 hóspedes na Cidade do Rio de Janeiro. O questionário aplicado aos hóspedes foi para avaliar as percepções que estes têm em relação à sustentabilidade da hotelaria.

Os resultados demonstram que em relação ao sexo dos respondentes 56% eram do sexo masculino e 42% do sexo feminino. A faixa etária dos respondentes era na maioria de 30 a 49 anos, possuía nível superior completo com pós-graduação e a faixa salarial era de mais de 15 salários mínimos. Em relação à categoria dos hotéis, a maioria dos respondentes hospedou em categoria 3 estrelas, o que sinaliza que hotéis desta categoria já precisam adotar práticas de sustentabilidade de acordo com o Ministério do Turismo (MTUR).

A seguir, é apresentada a análise do questionário aplicado com hóspedes através da estatística descritiva, conforme demostra a tabela 1.

**Tabela 1 –** Estatística descritiva do questionário com hóspedes

| Dimensão | Variáveis | Frequência (%) Satisfação | | | | | Média | Desvio padrão |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| **Ambiental** | Política de energia | 13,6 | 9,6 | 15,2 | 16 | 45,6 | 3,70 | 1,46 |
| | | 17 | 12 | 19 | 20 | 57 | | |
| | Política de Água | 13,6 | 11,2 | 12,8 | 12,8 | 49,6 | 3,74 | 1,49 |
| | | 17 | 14 | 16 | 16 | 62 | | |
| | Atividade de Educação Ambiental | 76 | 0,8 | 4,8 | 3,2 | 13,6 | 1,74 | 1,45 |
| | | 95 | 1 | 6 | 4 | 17 | | |
| **Econômico** | Diária versus qualidade dos serviços | 6,4 | 2,4 | 20,8 | 22,4 | 48 | 4,03 | 1,17 |
| | | 8 | 3 | 26 | 28 | 60 | | |
| | Processos sustentáveis | 81,6 | 1,6 | 4,8 | 3,2 | 7,2 | 1,50 | 1,18 |
| | | 102 | 2 | 6 | 4 | 9 | | |
| **Social, Cultural e Territorial** | Cultura local | 45,6 | 4,8 | 14,4 | 10,4 | 24 | 2,61 | 1,68 |
| | | 57 | 6 | 18 | 13 | 30 | | |
| | Culinária local | 57,6 | 4 | 12 | 6,4 | 17,6 | 2,18 | 1,59 |
| | | 72 | 5 | 15 | 8 | 22 | | |
| **Imagem** | Recomendaria este hotel | 7,2 | 2,4 | 18,4 | 20 | 52 | 4,07 | 1,20 |
| | | 9 | 3 | 23 | 25 | 65 | | |
| | Serviço de reclamação/sugestão | 31,2 | 2,4 | 9,6 | 11,2 | 44,8 | 3,34 | 1,76 |
| | | 39 | 3 | 12 | 14 | 56 | | |
| | Pesquisa de satisfação para o hóspede | 41,6 | 0,8 | 11,2 | 8,8 | 35,2 | 2,90 | 1,81 |
| | | 52 | 1 | 14 | 11 | 44 | | |
| | A publicidade versus aspectos sustentáveis. | 64,8 | 4 | 8,8 | 4 | 11,2 | 1,78 | 1,39 |
| | | 81 | 5 | 11 | 5 | 14 | | |
| | Materiais promocionais | 50,4 | 3,2 | 8 | 20 | 17,6 | 2,50 | 1,65 |
| | | 63 | 4 | 10 | 25 | 22 | | |

* Escala de 1 (insatisfatório) a 5 (muito satisfeito).

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

A partir do exposto na tabela 1, em relação à dimensão ambiental, percebe-se que os hóspedes enxergam que os hotéis adotam políticas de energia e água, concentram a maior média (3), porém com relação à atividade de educação ambiental a percepção destes é insatisfatória (1), o que pode representar que poucos hotéis implementam este serviço.

Na dimensão econômica verifica-se que os hóspedes estão satisfeitos com os preços das diárias e consequentemente com os serviços prestados obtendo uma média 4, porém os hotéis não oferecem nenhum serviço em relação ao processo sustentável, como por exemplo, comida orgânica, o que daria mais uma forma de receita para o hotel.

Na dimensão social, cultural e territorial, há pouco desempenho dos hotéis em informar a cultura local e oferecer a culinária local, obtendo uma média 2. Quanto à dimensão da imagem verifica-se que os hóspedes estão satisfeitos e recomendariam o hotel (4,07), porém em relação à comunicação entre hotel e hóspede e com relação às práticas sustentáveis, os hóspedes avaliam que estas questões não estão sendo trabalhadas pelos hotéis.

Nota-se na pesquisa que apesar de algumas práticas de sustentabilidade percebidas pelo hóspede como políticas de água e energia, os hotéis ainda não sabem se posicionar em relação à comunicação com os hóspedes. Além disso, observa-se que políticas de energia e água ainda são muito atreladas como um benefício pró-sustentabilidade, o que se sabe que muitos dos hotéis adotam essas práticas também por questões econômicas.

## A perspectiva dos hóspedes por meio de novos estudos bibliométricos

Dentre os 11 estudos bibliométricos analisados, dois são oriundos de pesquisas sobre avaliação de hóspedes no *TripAdvisor*. Um deles é fruto de um estudo, realizado a partir de 30 hotéis certificados da Costa Rica, que investigou como os hóspedes respondem aos esforços de sustentabilidade de hotéis gerenciados de maneira sustentável, discutindo-os em avaliações publicadas *online*.

O estudo revelou que é muito mais provável que as pessoas falem sobre sustentabilidade nos hotéis se a propriedade estiver fortemente envolvida no desenvolvimento sustentável e se medidas de sustentabilidade forem implementadas em toda a operação do hotel. A análise das avaliações mostrou que a maioria dos atributos também foi mencionada em um contexto positivo, o que implica que a implementação dos princípios de sustentabilidade geralmente contribui para a satisfação do hóspede com as acomodações (Brazytė, Weber & Schaffner, 2017).

Os indicadores mais frequentemente encontrados nas avaliações de hóspedes, desta pesquisa, foram biodiversidade, educação e produtos sustentáveis que pertencem à dimensão ambiental, que é consistente com estudos anteriores, apresentando que os consumidores socialmente conscientes priorizam a sustentabilidade ambiental. O estudo concluiu que com uma melhor compreensão das percepções dos consumidores, os gerentes de hotéis poderão tirar o máximo proveito dos princípios de sustentabilidade que não apenas beneficiarão a sociedade, a economia e o meio ambiente, mas também ajudarão a manter o sucesso de seus negócios (Brazytė, Weber & Schaffner, 2017).

O segundo artigo sobre o *TripAdvisor*, foi desenvolvido usando a lista dos 10 melhores hotéis ecológicos do *TripAdvisor* e investigou as avaliações de hóspedes para examinar práticas ecológicas que são notadas e mencionadas pelos hóspedes em hotéis resort/luxo e hotéis para negócios/economia. Os resultados indicam que os hóspedes de resorts/hotéis de luxo têm maior probabilidade de mencionar as práticas ecológicas nas avaliações, em comparação com os clientes de negócios/ economia. Os hóspedes que ficaram em um dos hotéis resort/luxo e mencionaram suas práticas ecológicas nas avaliações dos clientes têm maior probabilidade de classificar o hotel como mais alto do que aqueles que ficaram em um dos hotéis de negócios/economia (Song, Tun-Min & Li, 2018).

Os hóspedes que permaneceram em hotéis de negócios/economia foram mais propensos a mencionar os programas de reutilização de toalhas e lençóis do que os hóspedes em hotéis resort/ luxo. No entanto, a maioria dos hóspedes dos hotéis resort luxo e negócios/economia apreciaram os programas de reutilização de toalhas e lençóis. Poucos hóspedes até se queixaram de hotéis que não implementaram esses programas. Por exemplo, eles escreveram que “ficamos desapontados por termos cometido uma tentativa de manter um pouco de energia [...] mas recebemos toalhas limpas”. Esse exemplo mostra que os programas de reutilização de toalhas e lençóis são amplamente reconhecidos pelos hóspedes e que os hotéis devem praticar esses programas conforme prometido (Song, Tun-Min & Li, 2018).

Nos Estados Unidos dois estudos também foram realizados a fim de identificar o comportamento de hóspedes de hotéis a respeito da reutilização de toalhas como forma de reduzir o número de cargas de roupa lavada, bem como a água, esgoto, energia e mão-de-obra em 17%. Esses programas também aumentariam a vida útil das toalhas e roupas de cama, assim como os custos de reposição. Portanto, a implementação de intervenções comportamentais eficazes para aumentar essa aceitação teria o potencial de ser traduzido para ganhos ambientais significativos e redução operacional de custos (Nisa, Varum & Botelho, 2017).

Esses estudos nos Estados Unidos ressaltam ainda que as normas morais aumentam a probabilidade de os hóspedes em Hotéis tomarem ações de preservação, reduzindo os danos ambientais e comportamentais. Os dados indicaram que a norma moral é um construto adequado para estudar o comportamento pró-ambiental, enfatizando a criticidade do mesmo desencadear decisões para tais ações ambientalmente responsáveis. Nesse sentido, poderá gerar a intenção de conservação de água, como por exemplo, por meio de mensagem nos quartos, poderá ser uma ferramenta útil para induzir a economia de água e mudança de comportamento, assim como, convencer os hóspedes a participarem do programa de reutilização de toalhas no hotel (Han & Hyun, 2018).

Observa-se nos estudos que em geral os hóspedes de resorts/hotéis de luxo são mais propensos a falar sobre as práticas ecológicas dos hotéis em relação à energia, resíduos, local e educação e inovação. Por outro lado, é mais provável que os hóspedes de hotéis de negócios/economia mencionem as práticas ecológicas dos hotéis em práticas ecológicas gerais, programa de reutilização de toalhas, programa de reutilização de lençóis, programa de reciclagem, treinamento de hóspedes, água e compras (Song, Tun-Min & Li, 2018).

Em um novo estudo realizado em quatro cidades turísticas do Vietnã (Ha Noi, Ho Chi Minh, Da Nang e Can Tho) tentou-se explicar as atitudes dos hóspedes na formação da lealdade, desenvolvendo uma estrutura teórica sólida abrangendo suas performances percebidas em hotéis de gerenciamento verde (reciclagem e redução de resíduos, economia de água e consumo de energia) e a teoria dos estágios da cadeia de lealdade (cognitiva, afetiva e estágios conativos).

Os resultados apontam que a percepção dos hóspedes sobre os hotéis em relação ao desempenho de economia de água e conservação de energia aumentaram a lealdade cognitiva, que se transforma em lealdade afetiva provocada. Além disso, a lealdade afetiva aprimorou a lealdade conativa. Ambas as fases cognitiva e afetiva da lealdade atitudinal desempenharam um importante papel mediador. A pesquisa ainda demonstrou que a percepção / avaliação dos hóspedes sobre o desempenho dos hotéis em relação à economia de água e a conservação de energia desempenham um papel vital na indução de lealdade para o hotel verde (Han & Hyun, 2018).

Em estudo na região de Sofia (Bulgária) identificou-se que a cidade investe no desenvolvimento de suas instalações de acomodação, levando em consideração a sustentabilidade e desenvolvimento dos hotéis. A recomendação é investir mais fundos para arejadores de torneiras e chuveiros de economia de água e recipientes. Os hotéis pesquisados nesse estudo em Sofia obtiveram os melhores resultados com lâmpadas fluorescentes compactas e Lâmpadas de led, recipientes de triagem e banheiro com descarga dupla. Dessa forma, alcançam melhores níveis de comprometimento de seus colaboradores e aumento da satisfação do hóspede (Scholz, 2019).

Em um novo estudo na região de Chennai (Índia) abordam a percepção dos gestores a respeito da conscientização e implementação de práticas de sustentabilidade ambiental em hotéis, sendo que o nível de conscientização sobre as práticas verdes e sustentáveis relacionadas à reciclagem, energia, controle de resíduos, conservação de água, gestão ambiental, áreas de transporte e compras são altas e adequadas, sendo que cada gestor percebe a responsabilidade na dimensão das práticas verdes (Sangeetha & Rebecca, 2019).

O estudo na região de Chennai identificou o alto nível de conscientização sobre vários tipos de práticas ecológicas da indústria hoteleira, independentemente de treinamento, estudos relacionados e tipo de hotel. Além disso, o grau de implementação de muitas práticas é observado entre pesquisados como prática diária e incorporadas no próprio processo de prestação de serviços. A infraestrutura do Hotel é criada de tal maneira que consuma o mínimo de recursos naturais, use processos de energia natural e renovável e ecologicamente corretos (Sangeetha & Rebecca, 2019).



Na investigação realizada em João Pessoa (Brasil), os resultados apontam que a gestão ambiental nos meios de hospedagem apresenta-se em um estágio intermediário de incorporação de Tecnologias e Práticas Sustentáveis (TPSs), tendo sido percebido que muitas das tecnologias aplicadas têm o viés

econômico como primordial, uma vez que a economia de recursos naturais é o fator preponderante na redução de custos. Com relação às práticas identificadas neste estudo, foi possível perceber que a maior parte destas existe para atender a legislação obrigatória. E a principal alegação dos hoteleiros sobre as dificuldades de se implantar tecnologias sustentáveis foi o custo do investimento inicial e a incerteza do retorno dos investimentos.

Neste estudo, os dados apontaram significativa importância dada pelos consumidores brasileiros com relação à política socioambiental, o que exige do setor de hospitalidade novas posturas voltadas a esse nicho de mercado. E indicaram que novas estratégias de marketing devem atrelar a imagem das iniciativas socioambientais das empresas, visto que apenas dois dos hotéis pesquisados faziam alguma menção em seus meios de divulgação às práticas sustentáveis aplicadas por eles (Amazonas, Silva & Andrade, 2018).

No estudo de Preziosi et al. (2019), realizado em Portugal, foi investigado se as práticas ecológicas implementadas pelos hotéis certificados com rótulo ecológico da União Europeia, o selo oficial divulgado pelas instituições europeias, contribui significativamente para a formação de intenção comportamental positiva dos hóspedes em relação aos hotéis ecológicos. Na investigação o estudo explorou o impacto de práticas e comunicações verdes e a lealdade dos hóspedes em hotéis portugueses certificados pela UE-Rótulo ecológico. Salienta-se que a lealdade dos hóspedes em relação aos hotéis ecológicos era influenciada pelo comportamento ambiental e pela percepção da comunicação ambiental do hotel.

Os resultados sugerem que, quando os hóspedes conseguem se relacionar à abordagem do hotel e motivações em relação ao meio ambiente provavelmente criará uma relação que leva à lealdade do hóspede para hotéis verdes. Nesse contexto, a comunicação desempenha um papel importante para a criação deste processo de identificação entre o hotel e o hóspede, principalmente enfatizando um cuidado genuíno com o meio ambiente, em vez de um esforço para reduzir custos e obter vantagens competitivas (Preziosi et al, 2019).

Salienta-se que informar aos hóspedes sobre como contribuir para a estratégia ambiental do hotel, bem como a comunicação de melhorar os resultados, os ajudaria a se relacionar mais com as iniciativas ambientais do hotel. Considerando esse aspecto, o rótulo ecológico da UE fornece um quadro e uma base para orientar os hotéis gestores para a implementação de práticas verdes e para uma comunicação efetiva. No entanto, o estudo salienta mais esforços para aumentar a eficácia da comunicação.

Em estudo realizado na Espanha pôde-se identificar *drivers* que influenciam se um hotel adota a tecnologia da Internet das coisas (IoT) para alcançar seus objetivos a respeito da sustentabilidade. Baseado em estudos de casos exploratórios de cinco hotéis espanhóis sofisticados, os resultados sugerem que um hotel é mais inclinado a implementar a IoT se os seis *drivers* a seguir estiverem presentes: 1- a adoção da tecnologia IoT para buscar a sustentabilidade nos hotéis é mais provável quando o hotel está focado em economia de energia, por exemplo, devido a certificados verdes; 2- o hotel pertence a um grupo hoteleiro internacional; 3- os tomadores de decisão consideram a sustentabilidade importante para seus clientes; 4- o grupo alvo é mais B2B (comercial) que B2C (lazer); 5- o hotel é considerado cinco estrelas; 6- os hóspedes do hotel vêm da parte norte da Europa ou da América do Norte (Eskerod et al, 2019).

A pesquisa realizada na cidade da Liubliana, capital da Eslovênia, identificou que alterar as configurações padrão no setor hoteleiro provou ser uma abordagem poderosa para influenciar as decisões dos consumidores sem negar aos mesmos a possibilidade de escolher livremente. Os resultados do estudo realizado em um hotel 3 estrelas sugere que a alteração nos padrões reduziu significativamente a limpeza do quarto, com apenas 32% das solicitações de limpeza. Adicionar um apelo pró-ambiental à mudança nos padrões não reduziu ainda mais a limpeza geral da sala, mas afeta alguns segmentos de hóspedes do hotel. A mudança se deu desde a limpeza diária automática nos apartamentos (com a opção de optar por não participar) até a limpeza de rotina diária (com a escolha de optar por participar e solicitar um quarto gratuito, limpo todos os dias) (Cvelbar, Grün & Dolnicar, 2019).

Faz-se aqui uma correlação com a pesquisa aplicada na Cidade do Rio de Janeiro (Brasil) com hóspedes, com o estudo bibliométrico baseado em 11 artigos e com o contexto atual mundial. Parte das análises desta pesquisa foi desenvolvida no contexto da pandemia decretada pela OMS (Organização Mundial de Saúde), em março de 2020, em decorrência da COVID-19, que resultou no isolamento social que afetou toda a economia mundial e o setor hoteleiro brasileiro foi extremamente impactado, ocasionando fechamento de inúmeras unidades e alterações nas práticas daquelas que permaneceram em funcionamento.



Estima-se que haverá certo recuo em relação a algumas ações de sustentabilidade que estavam sendo implementadas, como por exemplo, as medidas de reciclagem de materiais, que possivelmente deixarão

de ser aplicadas em função dos aspectos sanitários envolvidas nestes processos. A conscientização sobre práticas ecológicas dos hotéis em relação à energia, resíduos, água e reutilização de toalhas sofrerão mudanças no período pós-pandemia, assim como, a incorporação de Tecnologias e Práticas Sustentáveis (TPS) e a tecnologia da Internet das coisas (IoT), também será marcado por mudanças e novas práticas no setor hoteleiro.

Percebemos, no estudo, que em muitos hotéis a implantação de uma política de sustentabilidade tem um forte viés econômico a partir da reutilização de toalhas e lençóis, e da adoção de medidas de economia de água e energia. Tais ações sofrerão alterações deixando de ser opção do hóspede para ser uma exigência dos novos tempos pós-pandemia. As trocas serão realizadas, independente da vontade dos hóspedes, em intervalos mais longos e isso de certa forma fará com que a dimensão econômica permaneça presente. Para equilibrar os custos que serão gerados pelas novas regras do setor de Alimentos e Bebidas, que possivelmente trarão um significativo aumento dos resíduos de embalagens descartáveis utilizadas no fornecimento de café da manhã, por exemplo. Entende-se que aumentará o consumo de plástico e de sanitizantes, mas reduzirá a limpeza das unidades hoteleiras.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscava avaliar o impacto do consumo sustentável no setor hoteleiro, e dessa forma, os resultados obtidos na pesquisa com os hóspedes mostraram que as práticas sustentáveis do hotel ainda não têm sido um fator preponderante para as escolhas por meios de hospedagem. Assim como, o estudo bibliométrico demonstrou que dentro desta temática nos anos estudados ainda são poucos os estudos publicados, mas de certa forma foi possível perceber um relativo crescimento desta preocupação nas investigações e nas práticas do setor.

Vimos por meio dos estudos, aplicados e bibliométricos, que os consumidores socialmente conscientes priorizam a sustentabilidade ambiental, principalmente aqueles com faixa salarial maior. Foram descritos alguns programas bem reconhecidos pelos hóspedes, como programas de reutilização de toalhas e lençóis, em que os hotéis podem praticar, gerando no setor hoteleiro a intenção de conservação de água, sendo uma ferramenta para induzir a economia de água e mudança de comportamento dos hóspedes e colaboradores, o que também promoveria mudanças comportamentais, ganhos ambientais e redução operacional de custos.

Outra prática analisada nos estudos bibliométricos se refere ao uso de lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas de led, recipientes de triagem e banheiro com descarga dupla, o que proporciona melhores níveis de comprometimento de seus colaboradores e aumento da satisfação dos hóspedes. Salienta-se no estudo que a lealdade dos hóspedes em relação aos hotéis ecológicos é influenciada pelo comportamento ambiental e pela percepção da comunicação ambiental do hotel. É essencial que este informe aos hóspedes como contribuir com as iniciativas e com a estratégia ambiental do hotel.

Acreditamos que o contexto da pandemia, ou melhor, o pós-pandemia trará impactos nas políticas de sustentabilidade, podendo resultar em mudanças de ênfases, com um possível aumento de práticas voltadas para a dimensão social da sustentabilidade a partir da busca pelo fortalecimento de compras das economias locais e com a intensificação da aquisição de alimentos de pequenos produtores certificados.

Neste contexto, o “novo normal” – uma expressão que surgiu para tentar conceituar as diferentes modificações vivenciadas pelas empresas e pela sociedade como um todo – aponta para a necessidade da realização de outros estudos que visem buscar respostas para novos questionamentos formulados no processo da pesquisa, como: Quais ações voltadas para a política de sustentabilidade se tornarão possíveis de manter após a pandemia?; Que impactos as novas medidas sanitárias, recomendadas pelas autoridades, terão para o Meio de Hospedagem? Os novos protocolos para o setor terão a sustentabilidade como uma preocupação?

Assim, fazem-se necessários novos estudos no sentido de verificar se a preocupação com a sustentabilidade tem sido um aspecto recente na formação do consumidor cidadão. Salientamos a relevância do estudo em discutir a ampliação da consciência socioambiental do hóspede em relação ao consumo no setor hoteleiro, principalmente em momento pós-pandemia, considerando os três pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

## REFERÊNCIAS


[1] Alkmim, e. B. (2015) *Conscientização ambiental e a percepção da comunidade sobre a coleta seletiva na Cidade Universitária da UFRJ.* 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Urbana) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

[2] Amazonas, I. T., Silva, R. F. Carvalho & Andrade, M. O. (2018). Gestão ambiental hoteleira: tecnologias e práticas sustentáveis aplicadas a hotéis. Revista Ambiente & Sociedade, São Paulo, 21.

[3] APAT. (2002). Italian Agency for the Protection of the Environment and for Technical Service. Disponível em: http:// www.eugris.info. Acesso em: nov. 2019.

[4] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. A política dos 5 R's. Disponível em: http://www.mma.gov.br/comunicacao/item/9410. Acesso em: mar. 2019.

[5] Brazytė, K., Weber, F. & Schaffner, D. (2017). Sustainability Management of Hotels: How Do Customers Respond in Online Reviews? Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism, 18 (3), pp. 282-307.

[6] CMMAD. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1991). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.

[7] Cvelbar, L.K, Grün, B. & Dolnicar, S. (2019). "To Clean or Not to Clean?" Reducing Daily Routine Hotel Room Cleaning by Letting Tourists Answer This Question for Themselves. Journal of Travel Research.

[8] Douglas, M. & Isherwood, B. (2009). O mundo dos bens: para uma antropologia do consumo. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ.

[9] Elkington, J. (2004). Enter the triple bottom lin. Disponível em: http://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues.

[10] Elkington, J. (1994). Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium. Australian CPA, 69, pp. 75.

[11] Eskerod, P, Hollensen, S, Morales-Contreras, M. F. & Arteaga-Ortiz, J. (2019). Drivers for Pursuing Sustainability through IoT Technology within High-End Hotels— An Exploratory Study. Sustainability, 11, pp. 53-72.

[12] Featherstone, M. (1995). Cultura de consumo pós-modernismo. São Paulo: Studio Nobel.

[13] Ferrel, O. C, Fraedrich, J. & Ferrel, L. (2001). Ética empresarial: dilemas, tomadas de decisões e casos. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso.

[14] Gössling, D., Scott, G., & Hall, M. (2020). Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19. Journal of Sustainable Tourism, 20 (1).

[15] Haesbaert, R. (2020). Reflexões geográficas em tempos de pandemia. Espaço e Economia, 18. Disponível em: https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.11826. Acesso em: 25 jul. 2020.

[16] Han, H. & Hyun, S. S. (2018). What influences water conservation and towel reuse practices of hotel guests?. Tourism Management, 64, pp. 87-97.

[17] Horodyski, G. & Gândora, J. (2017). O consumo turístico: as compras racionais e emocionais de souvenirs no destino Curitiba - Brasil. El Periplo Sustentable, (33), pp.636-657, jul./dic.

[18] Nisa, C., Varum, C. &; Botelho, A. (2017). Promoting sustainable hotel guest behavior: a systematic review and meta-analysis. Cornell Hospitality Quarterly, 58 (4), pp. 354–363.

[19] Oliveira, V., Gomez, C. & Correia, S. (2018). Papeis das empresas e o consumo sustentável na visão de especialistas brasileiros. Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo, 12 (2), maio/ago.

[20] Portilho, F. (2005a). Consumo sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo. Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro, 3 (3), pp. 1-12.

[21] Portilho, F. (2005b). Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania. São Paulo: Cortez.

[22] Portilho, F., Castaneda, M. & Castro, I. R. R. de. (2011). A alimentação no contexto contemporâneo: consumo, ação política e sustentabilidade. Ciênc. Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 16 (1), pp. 99-106, jan.

[23] Preziosi, M., Tourais, P., Acampora, A., Videira, N.& Merli, R. (2019). The role of environmental practices and communication on guest loyalty: Examining EU-Ecolabel in Portuguese hotel. Journal of Cleaner Production, 237.

[24] Quintela, E. J. A. M. (2015). Desenvolvimento sustentável passado o século XX: estabelecimento de parâmetros de aplicação. Facultade de Bellas-Artes de San Carlos, Jun.

[25] Sangeetha, R. & Rebecca, J. Perceptions of the Employees on Green and Sustainable Practices in the Hotel Industry and its Implications: Empirical Evidence from the Selected Star Hotels, International Journal of Civil Engineering and Technology, 10 (1), pp. 2134–2144.

[26] Scholz, P. (2019). Green management implementation in accommodation facilities in Bulgaria. Ekonomia I Środowisko, 68 (1), pp.177-192.

[27] Silva, M. (2012). Consumo sustentável: a articulação de um constructo sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável. Revista Eletrônica de Ciência Administrativa, 11 (2), pp. 217-232.

[28] Song, J., Tun-Min, C. J. & Li, X. (2018). Examining green reviews on TripAdvisor: Comparison between resort/luxury hotels and business/ economy hotels, International Journal of Hospitality & Tourism Administration, pp.1-23.

# Capítulo 22

## *Pegada Ecológica de alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG - Campus Itumbiara: Um estudo no contexto da pandemia da COVID-19*

*Maraína Souza Medeiros*
*Patrícia Michele Ribeiro*
*Pedro Henrique Pereira e Moreira*
*Simone Machado Goulart*

Resumo: A Pegada Ecológica é um dos principais "indicadores de sustentabilidade" já conhecidos no campo dos estudos ambientais, pois é um instrumento metodológico de contabilidade ambiental que avalia o padrão de consumo das populações em função dos recursos naturais disponíveis. Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho estimar o nível de sustentabilidade dos discentes da graduação em Licenciatura em Química do IFG - Câmpus Itumbiara, por meio do Indicador Pegada Ecológica no período da pandemia da Covid-19 em função das mudanças de comportamento, trabalho e sua possível relação com o meio ambiente. A metodologia baseou-se na aplicação aleatória de um questionário online elaborado com perguntas de múltipla escolha e dissertativa, relacionando diferentes temas. As três questões iniciais foram utilizadas para estruturar um diagnóstico do público-alvo. As demais questões de múltipla escolha (quatorze perguntas) foram aplicadas no cálculo da Pegada Ecológica. Por fim, a última questão (dissertativa) tinha por finalidade conhecer a realidade do consumo energético e hídrico dos alunos durante o período pandêmico. Os aspectos temáticos das questões utilizados para o cálculo da pegada são: alimentação, moradia, bens, serviços e transportes. Os resultados da Pegada Ecológica do curso sinalizam que a maioria dos estudantes (70,8%) apresenta bons valores e comportamentos em relação ao consumo, mesmo durante a pandemia. Foi possível observar ainda que este resultado positivo possivelmente esteja relacionado com o curso, uma vez que este seja uma das áreas do conhecimento que está correlacionada ao meio ambiente. Portanto, promover a constante sensibilização dos estudantes é primordial para conter os impactos ambientais.

Palavras-chave: Indicador de sustentabilidade; Padrões de consumo; Meio ambiente; Discentes; Coronavírus.

## 1. INTRODUÇÃO

A pandemia do novo coronavírus reconfigurou a estrutura da sociedade e modificou a forma com que o ser humano executa suas atividades básicas e se relaciona com o meio ambiente. Foi necessário colocar em prática novas formas de trabalho – *home-office* e o teletrabalho – e de ensino, por meio da educação à distância e outros métodos viabilizados pela tecnologia. Nesse sentido, a promoção da sustentabilidade surge como mais um desafio a ser implementado, haja vista que discutir sustentabilidade em momentos de crise é importante e necessário, já que propicia o desenvolvimento capaz de impulsionar o crescimento em processos econômicos e, por consequência, influir nos campos educacional, social, político e cultural (MARQUES et al., 2020).

No campo educacional, as universidades públicas e outras instituições de ensino têm estimulado o desenvolvimento de tecnologias para serviços de saúde, além de materiais didático-pedagógicos destinados ao uso de professores em atividades de ensino remotas e para distribuição gratuita para a população. Nesse sentido, urge a necessidade de refletir sobre o contexto pós-pandemia, com ênfase em novas práticas sustentáveis condizentes com a mudança de comportamentos nos diversos segmentos da sociedade voltados à saúde das espécies e do planeta (ANTIQUEIRA; SEKINE, 2020).

Ademais, de acordo com levantamento desenvolvido pela consultoria EY Pathernon, observou-se, desde o início da pandemia, a diminuição dos níveis de consumo do brasileiro, em decorrência das incertezas econômicas futuras e limitações impostas pela mudança na renda financeira. A poluição atmosférica advinda dos processos produtivos e outras ações antrópicas, como o consumismo, são responsáveis pela geração de poluentes sólidos que degradam os ecossistemas. Assim, é necessário que a harmonização entre o interesse individual e coletivo (PINTO, 2021), tal como proposto na denominada “Agenda 21”, editada durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, seja mantida mesmo no período pós-pandemia.

A Pegada Ecológica, como indicador de sustentabilidade, define-se como instrumento metodológico ambiental que mede o impacto do homem no meio ambiente. Em se tratando de sua composição, a Pegada Ecológica traduz, em hectares (ha), quantos planetas uma pessoa utiliza, em média, para se sustentar, levando-se em consideração aspectos como moradia, transportes, bens, serviços e alimentação. Por meio de tabelas específicas, o consumo de cada pessoa é convertido em planetas, sendo de 50 a 70 pontos (Pegada bacana), 35 a 49 pontos (Pegada moderada) e abaixo de 35 pontos (Pegada larga) (WWF-BRASIL, 2019; SCARPA, 2012).

Dessa forma, objetivou-se, com o presente trabalho, estimar o nível de sustentabilidade dos discentes da graduação em Licenciatura em Química do Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara, por meio do Indicador Pegada Ecológica, no contexto pandêmico da COVID-19.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nessa pesquisa baseou-se na aplicação de um questionário estruturado e adaptado de Scarpa (2012) e WWF-Brasil (2019) para calcular a Pegada Ecológica de 48 discentes matriculados no curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara, no ano de 2021. O questionário foi elaborado com 17 questões objetivas, sendo 14 utilizadas para o cálculo da Pegada Ecológica e 3 para o diagnóstico do público-alvo. Ao final do questionário foi colocada uma questão dissertativa para que os entrevistados pudessem discorrer sobre os seus padrões de consumo, principalmente hídrico e energético, no período da pandemia da COVID-19.

O questionário foi elaborado no *Google forms* e aplicado, aleatoriamente, para os 48 alunos do curso em pauta. As questões de 1 a 14 do questionário possuíam várias alternativas, cada qual com uma pontuação diferente conforme sua relevância ambiental (peso de 0 a 5). O questionário foi dividido em seis itens, sendo eles: perfil do estudante, alimentação, transporte, bens, serviços e moradia.

A pontuação de cada estudante foi analisada individualmente e comparada ao quadro de referência elaborado por Scarpa (2012) para determinação da Pegada Ecológica (Quadro 01). Realizou-se o somatório de pontos das alternativas e, posteriormente, verificou-se o enquadramento de cada aluno. As classes são: De 50 a 70 pontos: Pegada bacana, parabéns!!!; De 35 a 49 pontos: Pegada moderada, atenção!!!; Menos de 35 pontos: Pegada larga, mudanças de hábito já!!!

**Quadro 01:** Pegada Ecológica – Pontuação de cada questão do questionário *online* aplicado ao curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara

| | Q. 1 | Q. 2 | Q. 3 | Q. 4 | Q. 5 | Q. 6 | Q. 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alternativa a | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Alternativa b | 5 | 5 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Alternativa c | 4 | 4 | - | 3 | 2 | 0 | 2 |
| Alternativa d | 1 | 3 | - | 1 | 1 | - | 1 |
| Alternativa e | 0 | 1 | - | - | 0 | - | - |
| | Q. 8 | Q. 9 | Q. 10 | Q. 11 | Q. 12 | Q. 13 | Q. 14 |
| Alternativa a | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 4 |
| Alternativa b | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 0 |
| Alternativa c | 5 | 4 | 5 | 2 | 5 | 3 | 5 |
| Alternativa d | 5 | 5 | 2 | 1 | - | 1 | - |
| Alternativa e | - | - | - | - | - | 0 | - |

Fonte: Adaptado de Scarpa (2012).

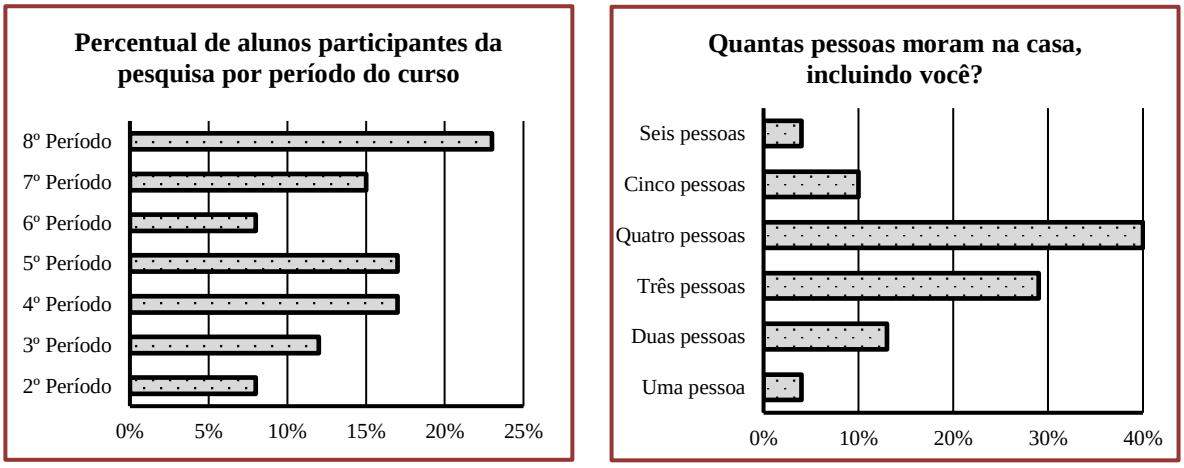
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. ANÁLISE DIAGNÓSTICA DO PÚBLICO PARTICIPANTE

Percebe-se pelos resultados apresentados na Figura 01 (à esquerda) que a maioria dos alunos participantes da pesquisa da Pegada Ecológica do curso de Licenciatura em Química está concentrada no 8º período. Provavelmente este resultado esteja relacionado ao método da pesquisa adotado (aplicação do formulário de forma aleatória), mas também da seriedade que os alunos percebem que a pesquisa científica tem para toda comunidade acadêmica e local à medida que vão avançando os períodos do curso. Apenas o 1º período não teve participação nessa pesquisa, o que se explica pelo fato desse levantamento ter sido realizado no mês de férias dos discentes (março de 2021) e, portanto, os calouros ainda não haviam ingressado na instituição de ensino.

A última questão do diagnóstico do público-alvo refere-se ao número de pessoas que residem na casa de cada aluno de graduação, como mostrado na Figura 01 (à direita). Analisando os resultados apresentados, percebe-se que 40% das residências dos alunos são compostas por quatro pessoas. Este número não é expressivo e, portanto, pode influenciar positivamente no cálculo da Pegada Ecológica.

**Figura 01:** Período em que o aluno do curso de Licenciatura em Química do IFG - Câmpus Itumbiara está matriculado (à esquerda) e quantidade de pessoas que moram na casa do aluno (à direita)

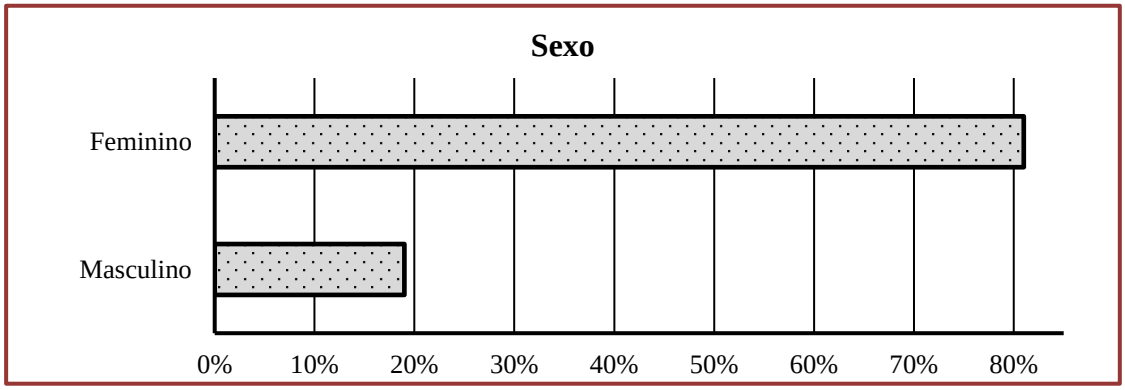





Dos 160 alunos matriculados atualmente no curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara (IFG, 2021), 108 são do sexo feminino. Possivelmente essa estatística explica a maior participação do

público feminino no preenchimento do formulário para o cálculo da Pegada Ecológica do curso em questão (Figura 02).

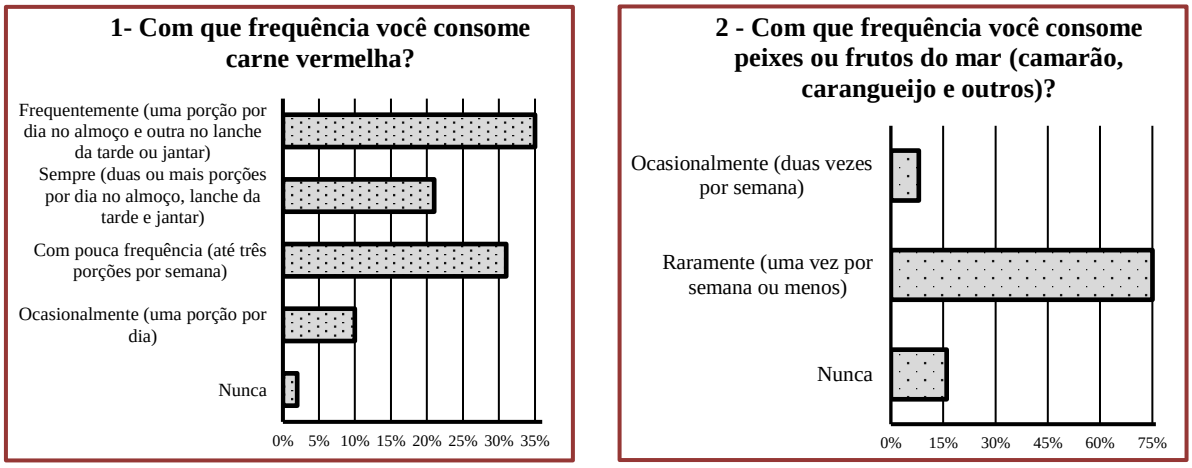
**Figura 02:** Sexo dos respondentes da pesquisa sobre a Pegada Ecológica da Licenciatura em Química




### 3.2. ÍNDICE DA PEGADA ECOLÓGICA DO CURSO

Avaliando os resultados estatísticos das 14 questões referentes ao instrumento da Pegada Ecológica da Licenciatura em Química, optou-se por analisá-los em grupos conforme a similaridade dos temas nas questões (alimentação, moradia, bens, serviços e transportes). A Figura 03 apresenta os resultados referentes às questões 1 e 2 do formulário *online* e que dizem respeito ao tema alimentação.

**Figura 03:** Pegada Ecológica - Consumo de carne vermelha e frutos do mar pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara



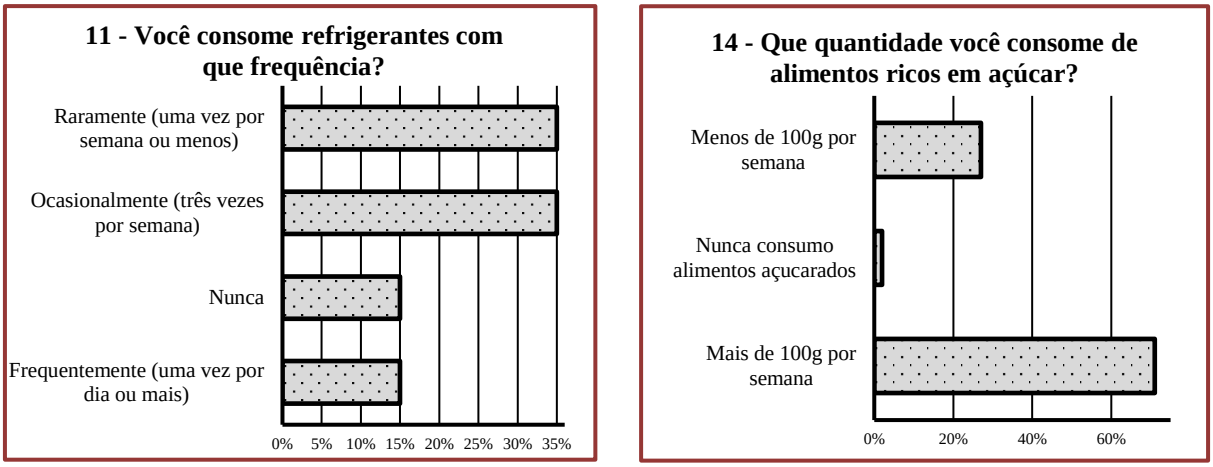

Com relação ao consumo de carne vermelha, 35% dos alunos sinalizam que consomem frequentemente essa proteína (duas porções por dia variando entre almoço, lanche da tarde e jantar). Em contrapartida, são poucos os alunos (2%) que não consomem proteína de origem bovina no seu dia-a-dia. Em se tratando de dieta baseada em frutos do mar, 75% dos alunos afirmam que pelo menos uma vez por semana esta proteína faz parte do cardápio familiar. Apesar do resultado expressivo, ao comparar as duas proteínas, a carne vermelha é mais presente no cardápio dos alunos da Licenciatura em Química.



Ainda sobre o tema alimentos, foi verificado no formulário se os alunos consomem refrigerantes e alimentos ricos em açúcar refinado (questões 11 e 14), conforme é apresentado na Figura 04. Percebe-se pelos dados apresentados (à esquerda) que a maioria dos alunos consome refrigerantes uma vez por semana ou menos (35%) ou três vezes por semana (35%), totalizando 70% dos respondentes do curso de

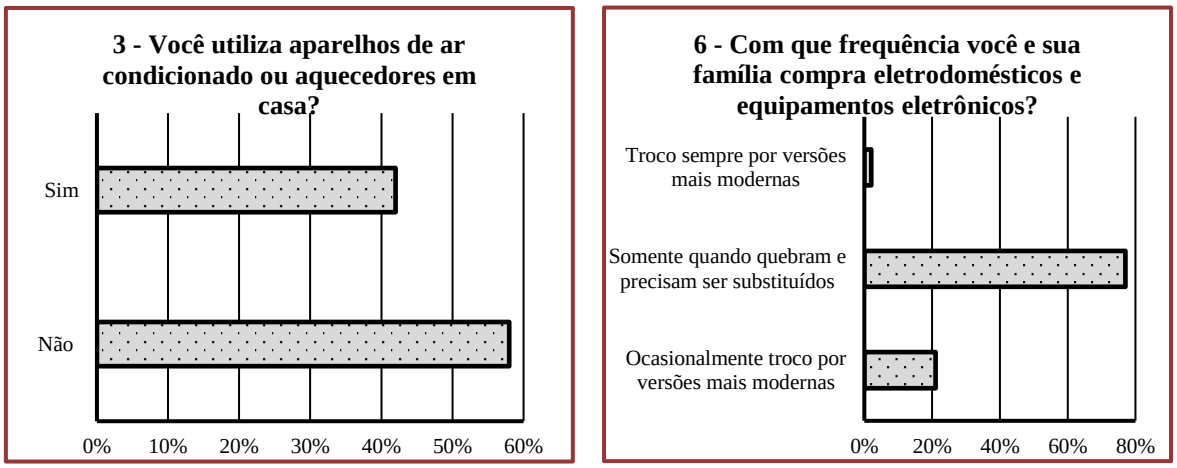
Licenciatura em Química. Em se tratando de consumo alimentos ricos em açúcar refinado (à direita), 71% dos respondentes afirmam consumir mais de 100 g desse alimento por semana. Este resultado é alarmente e coincide com a frequência elevada do consumo de refrigerantes pelos alunos, uma vez que esse tipo de bebida industrializada possui um alto teor de açúcar em sua composição final conforme relatos da pesquisa de Santos et al. (2020).

**Figura 04:** Pegada Ecológica - Consumo de refrigerantes (Questão 11) e alimentos ricos em açúcar refinado (Questão 14) pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara



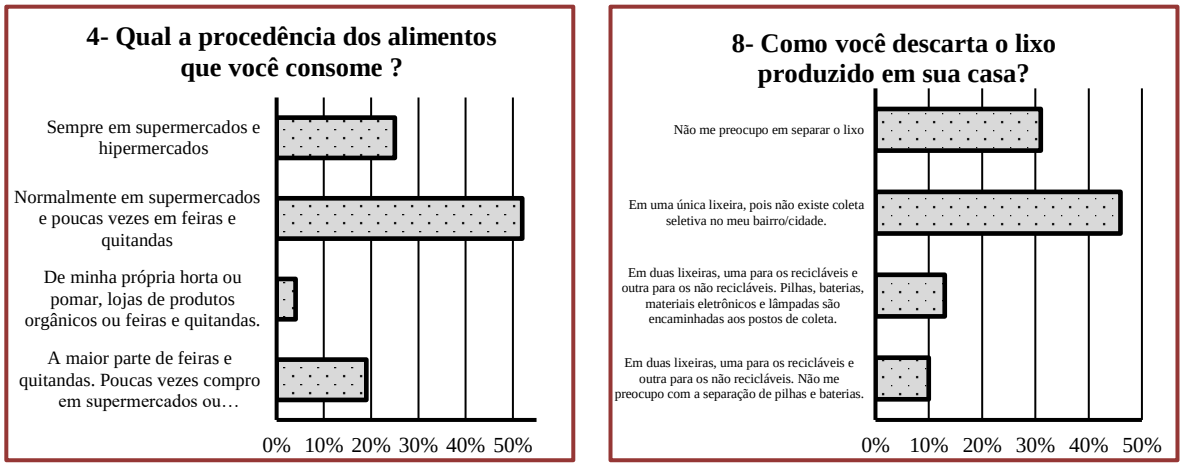

Em relação ao tema bens (Figura 05), os alunos se mostraram bastante conscientes, pois 58% deles afirmam não utilizar ar condicionado/aquecedores em casa. Ainda nessa linha consciente de consumo energético, 77,1% dos discentes disseram que só compram eletrodomésticos ou eletrônicos novos em casos de danos e que, portanto, precisam ser substituídos. Os resultados mostram que os alunos podem apresentar um perfil consumista sustentável, já que segundo Cintra e Cidade (2020) os eletroeletrônicos de uso doméstico consomem muita energia elétrica, o descarte/tratamento requer muito gasto energético e o reuso destes resíduos são complexos.

**Figura 05:** Pegada Ecológica - Uso de sistemas de climatização em ambientes domiciliares (Questão 3) e aquisição de eletrodomésticos e eletroeletrônicos (Questão 6) pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara



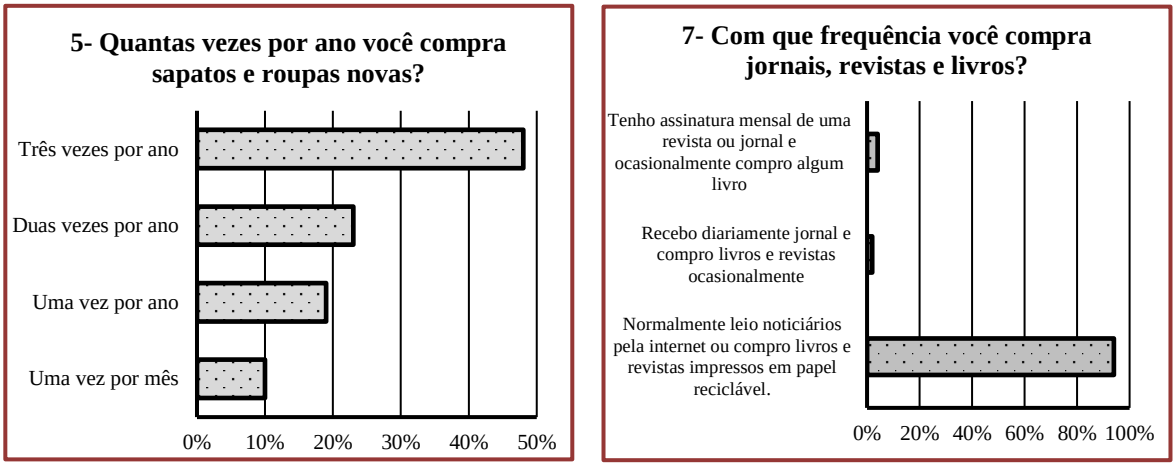
A Figura 06 mostra a procedência dos alimentos adquiridos pelos alunos, bem como da forma de descarte dos resíduos sólidos domiciliares. 52% dos alunos afirmam comprar os alimentos normalmente em supermercados e poucas vezes em quitandas ou feiras. Além disso, 25% afirmam comprar os alimentos sempre em supermercados e hipermercados. Este cenário mostra que os alimentos adquiridos por esses alunos são de origem industrializada e que geram muitos resíduos para serem descartados após o consumo do alimento. Em se tratando do descarte de resíduos sólidos domiciliares, a maioria dos alunos (45%) afirma que descarta os resíduos sólidos produzidos em casa em uma única lixeira, pois não existe coleta seletiva em seu bairro/cidade. Seguindo uma postura oposta ao ambientalismo, 31% dos alunos dizem não se preocupar em separar os resíduos sólidos gerados em casa. Em uma pesquisa de natureza semelhante foi realizada por Carvalho et al. (2019), cujos resultados negativos da Pegada Ecológica sinalizam a necessidade de mudança comportamental, tais como: o consumo de alimentos em hortas comunitárias ou produzidos pelo próprio indivíduo, dieta com baixo consumo de proteína animal, redução de produtos descartáveis para se evitar o esgotamento das reservas naturais do planeta.

**Figura 06:** Pegada Ecológica - Procedência dos alimentos consumidos (Questão 4) e descarte dos resíduos sólidos domiciliares (Questão 8) pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara



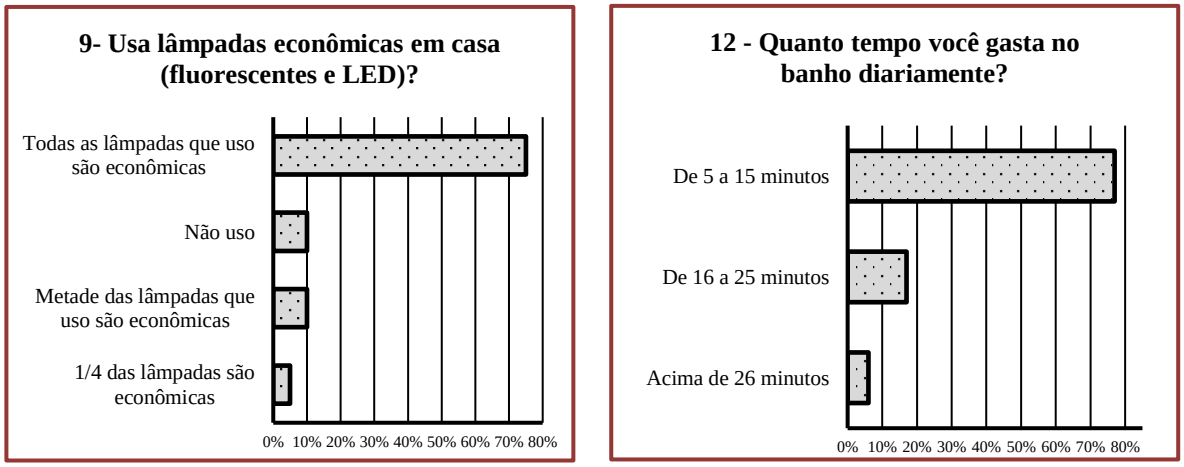

Observa-se na Figura 07 que o consumo de sapatos e roupas pelos estudantes é sustentável, pois 48% dos alunos revelaram comprar estes itens de vestuário três vezes por ano, enquanto que apenas 10% dos alunos revelaram comprar uma vez por mês, o qual é considerado um hábito de consumo exagerado. Com relação à compra de materiais de leitura, a maioria dos alunos (94%) diz se informar por meio de noticiários veiculados pela internet ou compram revistas e livros impressos em papel reciclável. Eventualmente essa situação ocorra em função da era tecnológica em que estamos vivenciando com praticamente tudo ao alcance de nossas mãos (celulares, tablets, notebooks).

**Figura 07:** Pegada Ecológica - Consumo de roupas e calçados novos (Questão 5) e aquisição de materiais de leitura (Questão 7) pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara



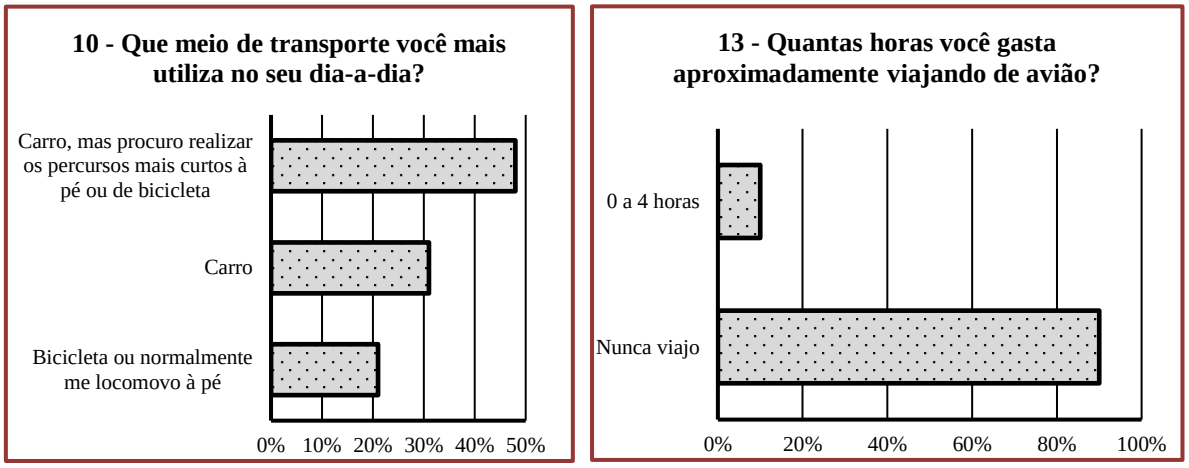

O consumo energético dos alunos se mostrou bastante econômico e, logicamente, sustentável, pois 75% destes afirmam utilizar em suas casas lâmpadas econômicas (fluorescentes ou de LED), conforme apresentado na Figura 08. Ainda nesse pensamento de economia dos recursos, 77% dos alunos afirmam que tomam banho de 5 a 15 minutos, mostrando-se preocupados com o consumo de água. Nesse sentido, os alunos ao serem questionados (questão dissertativa do formulário) se o consumo energético e hídrico aumentou durante a pandemia em suas casas, a maioria disse que sim em função do trabalho e estudos terem se concentrado em casa em função do isolamento social. Portanto, o consumo elevado de água para alimentação, banho e higiene das mãos se tornou mais frequente. Em complemento, o consumo de energia elétrica também aumentou visto que o uso de equipamentos como notebooks, impressoras, aparelhos celulares, se tornaram essenciais para o desempenho do *Home Office* e Ensino Remoto Emergencial.

**Figura 08:** Pegada Ecológica - Uso de lâmpadas sustentáveis em casa (Questão 9) e consumo de água durante o banho (Questão 12) pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara



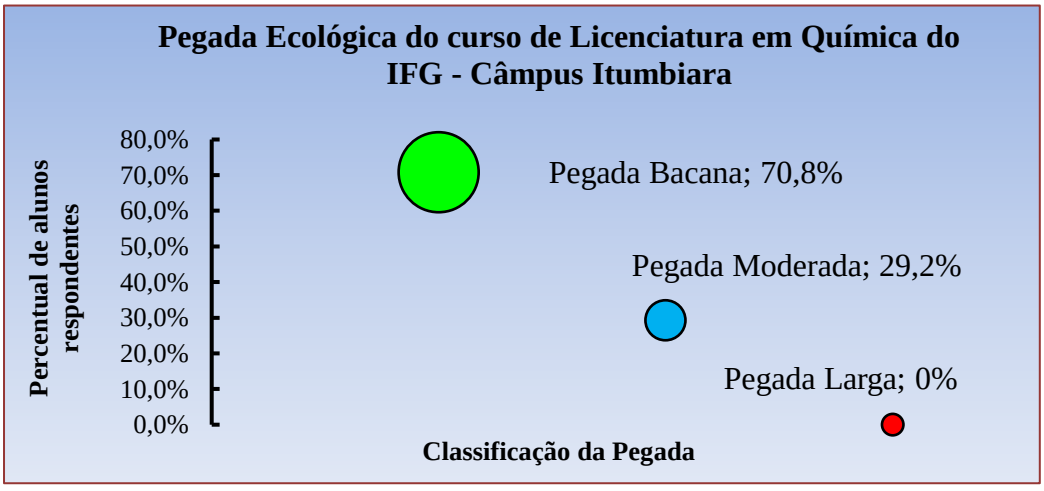

Em relação ao padrão de transporte utilizado pelos estudantes diariamente (Figura 09), a maioria (48%) utiliza carro particular, mas realiza percursos mais curtos a pé. Entretanto, 31% dos alunos usam somente carro para se locomover diariamente, mostrando que a maioria dos respondentes (79%) usa um meio de transporte que causa muitos efeitos perniciosos ao planeta (poluição atmosférica). Em contrapartida, 90% dos alunos relatam nunca viajarem de avião.

**Figura 09:** Pegada Ecológica - Frequência do transporte mais utilizado diariamente (Questão 10) e horas gastas em viagens de avião pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara




O resultado apresentado na Figura 10 evidenciou que 70,8% dos discentes obteve pontuação entre 50 e 70 pontos (Pegada bacana – estilo de vida mais sustentável), o que é recomendado. Com uma Pegada moderada, mas que requer atenção, 29,2% dos discentes obtiveram pontuação entre 35 a 49. Esse estilo de vida dos alunos está um pouco acima da capacidade natural de regeneração dos recursos pelo planeta, portanto recomenda-se o uso de bicicleta ou andar a pé para realizar percursos curtos a fim de minimizar os impactos ambientais oriundos da queima de combustíveis fósseis. Curiosamente nenhum aluno obteve pontuação abaixo de 35 (Pegada larga), evidenciando que os alunos não apresentam hábitos de consumo e estilos de vida inadequados, nem são ameaças para o futuro das novas gerações.

**Figura 10:** Pegada Ecológica - Porcentagem do cálculo obtido para os alunos do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara




## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar o padrão de consumo e hábitos de vida de um grupo de alunos que compõe o curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara, por meio do instrumento da Pegada Ecológica, é de suma importância, pois pode servir como orientação para toda comunidade acadêmica seguir um estilo de vida mais sustentável no presente e no futuro. Deste modo, usar este indicador em um curso superior na área de ciências exatas é uma forma de verificar se a sensibilização dos discentes ao longo do curso é presente e, ao mesmo tempo, fortalece a sensibilização de um modo geral.

Verificou-se nesta pesquisa que a maioria dos discentes que responderam ao questionário da Pegada Ecológica de forma virtual apresenta uma Pegada bacana, isto é, estão antenados com as questões ambientais e buscam ter qualidade de vida sem agredir ao meio ambiente. Vários fatores podem ter influenciado nesta postura adequada dos alunos, tais como: o curso de graduação escolhido; a preocupação com as gerações futuras, principalmente em relação aos recursos hídricos e energéticos; a cultura local predominante e entre outros.

Acredita-se, ainda, que a pandemia da COVID-19 tenha aumentado o consumo de energia elétrica e água nos domicílios, conforme relatado pelos próprios alunos, entretanto, não foi substancial para alterar a Pegada Ecológica bacana para Pegada larga. Isso mostra que, provavelmente, por se tratarem de alunos de graduação a preocupação com uso de lâmpadas econômicas e banhos curtos, neste contexto pandêmico, se tornou ainda mais forte.

## REFERÊNCIAS

[1] ANTIQUEIRA, L. M. O. R.; SEKINE, E. S. Os "erres" pós pandemia: princípios para sustentabilidade e cidadania. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 15, n. 4, p. 70-79, 30 jul. 2020.

[2] CARVALHO, M. L. F. de; FARIAS, J. C. de; LIMA, P. V. P. S.; ANDRADE, I. M. de; NUNES, A. B. de A. Pegada ecológica de alunos do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, Brasil. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent., v. 6, n. 14, p. 975-988, 2019. ISSN 2359-1412/RBGAS-2019-0080/2019/6/14/24/975.

[3] CINTRA, L. S. K.; CIDADE, M. K. Reutilização e reciclagem: desenvolvimento de joia com componentes oriundos de resíduos eletroeletrônicos. Mix Sustentável, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 27-36, jun. 2020. DOI: https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.27-36.

[4] IFG. Sistema de Unificação Pública – SUAP. Quantitativo de alunos. Disponível em: https://suap.ifg.edu.br/edu/estatistica/ Acesso em: 19/04/2021.

[5] MARQUES, D. J. C.; DA COSTA MARQUES, J. Y.; DE FIGUEIREDO, S. C. G. Uma reflexão sobre Bioética e Sustentabilidade em tempos de Pandemia. Ciências Sociais e Humanidades na Amazônia, v. 1, p. 17, 2020.

[6] PINTO, Simã Catarina de Lima. Nem o cuidado de si, nem o cuidado do outro: o consumismo na pandemia. Em Tese, v. 18, n. 1, p. 42-54, 2021.

[7] SANTOS, M. F.; SARAIVA, S. H.; MARADINI FILHO, A. M.; TEIXEIRA, L. J. Q. Influência da concentração de extratos de malte e do açúcar adicionado no teor de açúcar total de refrigerantes de malte. Braz. J. Hea. Rev, Curitiba, v. 3, n. 6, p.18323-18330. nov./dez. 2020. ISSN 2595-6825.

[8] SCARPA, Fabiano. Pegada ecológica: qual é a sua? São José dos Campos, SP: INPE, 2012. 24p.

[9] WWF-BRASIL. Pegada Ecológica 2019. Disponível em: http://www.pegadaecologica.org.br/2019/pegada.php Acesso em: 30/03/2021.

# Autores

# AUTORES

## JOSÉ HENRIQUE PORTO SILVEIRA (ORGANIZADOR)

Bacharel e licenciado em Psicologia pela UFMG, Especialização em Percepção e Planejamento Urbano. Mestre em Gestão e Auditoria Ambiental, especialização em educação ambiental. Consultor em percepção e educação ambiental. Sócio diretor da Alternativa Educação e Manejo Ambiental.

## ADNÍVIA SANTOS COSTA MONTEIRO

Doutorado em química pela UNESP - Araraquara, SP. Pós-doutorado realizado no departamento de Química Fundamental da Universidade de São Paulo (USP) onde trabalhou no desenvolvimento e validação de técnicas eletroanalíticas de especiação on-site de metais traço em sistemas aquáticos. Atualmente é Pós-doutoranda e Professora Voluntária/Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe atuando na área de Química Analítica com ênfase em Análise de Traços em amostras ambientais, com ênfase nos seguintes temas: matéria orgânica natural (MON), substâncias húmicas aquáticas (SHA), Biochar e Hidrogeoquímica.

## ADRIANO BRESSANE

Bacharelado em Engenharia Ambiental. Mestrado em Engenharia Urbana. Doutorado em Ciências Ambientais. Pós-doutorado em Engenharia Urbana. Professor Universitário

## ALDIRA RAQUEL PAULA MAIA

Licenciatura em Geografia (2011) - Universidade Estadual do Ceará. Especialização em Psicopedagogia (2016) e em Administração Escolar (2020). Mestrado Profissional em Gestão de Negócios Turísticos (2019). Doutoranda em Turismo - Universidade de Lisboa. Professora efetiva da rede pública de ensino do Estado do Ceará

## ALESSANDRA DE ALMEIDA LUCAS

Professora adjunto do Departamento de Engenharia dos Materiais da UFSCar São Carlos (DEMa - Brasil). Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais da UFSCar São Carlos (PPGCEM/DEMa - Brasil).

## ALEX SOUZA MORAES

Bacharel em Química, Mestre e Doutor em Geociências (Geologia Sedimentar e Ambiental - UFPE), Pós-Doutorado em transporte de poluentes emergentes em solos pela Université Joseph Fourier (Grenoble - França). Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Atua na área de Quimiometria e Geoquímica Ambiental. Experiência como professor de cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia e Petróleo e Gás. Gestor Ambiental, atuando na interpretação de dados ambientais e consultorias em geoquímica ambiental, químico em empresas de água mineral e tancagem de combustíveis.

## ALEXANDRINA SOBREIRA DE MOURA

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco (1979), mestrado em Instituições Jurídicas (1984), doutorado em Ciências Jurídicas pela University of Wisconsin-Madison (1986) e pós-doutorado pela University of Browm (1993). Foi professora visitante da Brown University (1992-1993). Atualmente é Pesquisadora Titular da Fundação Joaquim Nabuco.

## ANA ANDRÊZA DA PAIXÃO

Técnica em Meio Ambiente

AUTORES

## CARLOS ALEXANDRE BORGES GARCIA

Doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas. Coordenador do Grupo de Pesquisa em Química Analítica Ambiental, da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Sócio efetivo da Associação Brasileira de Recursos Hídricos e da Associação Sergipana de Ciência. Revisor dos periódicos Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, Química Nova, Journal of Brazilian Society of Ecotoxicology, Journal of the Brazilian Chemical Society, Science of the Total Environment, Water Environment Research, Environmental Monitoring and Assessment, Scientia Plena, Chemistry and Ecology. Tem experiência na área de Química, com ênfase em espectroanalítica, com pesquisas na área de Recursos Hídricos e análise de metais traço em amostras ambientais.

## CÍCERO AUGUSTO PRUDENCIO PIMENTEIRA

Doutor em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Professor Associado do Departamento de Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade - Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DDAS - ICHS / UFRRJ). Coordenador do Grupo de Pesquisa do CNPq Núcleo de Estudos Economia Regional, Território, Agricultura e Meio Ambiente do Paraíba do Sul - NEERTAM / UFRRJ. Professor Permanente do Programa de Pós-graduação stricto sensu, Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária (PPGCTIA) no Brasil (UFRRJ) – desde setembro de 2022.

## DANIEL PRIETO SÁNCHEZ

Candidato a Doutor em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CPDA/UFRRJ). Pesquisador do Grupo do CNPq Núcleo de Estudos Economia Regional, Território, Agricultura e Meio Pesquisa do Ambiente do Paraíba do Sul (NEERTAM/UFRRJ). Pesquisador do Grupo de Pesquisa de Socioeconomía, Desarrollo e Instituciones da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Nacional da Colômbia (GSEID/FCE/UNAL). Bolsista do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PDSE/CAPES).

## DAYANA MELO TORRES

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (2008), Bióloga (Bacharelado e Licenciatura) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2009 e 2011), mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2011), e doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (2017). É professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal Central, onde também desempenha as funções de coordenadora do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e líder da Linha de Pesquisa em Saneamento Ambiental do Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais.

## DÉBORA COELHO MOURA

Possui graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Alagoas (1997), mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (2003), doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco (2008). Prof. Associada da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Ecologia de Abelhas e da Polinização, Comunidade Abelha e Plantas, atuando principalmente nos seguintes temas: Abelhas como Bioindicador e Regeneração Ambiental da Caatinga. Membro do Bureau Diretivo, do CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA, como titular da Comissão Científica.

## EMMANUELLE MARIA GONÇALVES LORENA

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco (2003) e mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2018). Doutoranda do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPE). Atuação como professora de EAD nos

AUTORES

cursos de Engenharia Civil e Engenharia Elétrica do Grupo Ser Educacional. Tem experiência profissional na área de Engenharia Civil, com ênfase em Gestão da Qualidade, de Custos, de riscos e de Cronograma. Atualmente é engenheira das Lorenas Arquitetura e Engenharia Ltda e docente do cursos de graduação e pós-graduação. Realiza cursos de capacitação em Gestão de Obras.

### GEAN HENRIQUE MARCATTO DE OLIVEIRA

Doutorando pela Graz University of Technology (Áustria) e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais da UFSCar São Carlos (PPGCEM/DEMa - Brasil).

### GUILHERME FONTANA RAMOS

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (2016) com período sanduíche em Universidade Federal de Viçosa, e mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidade Federal da Fronteira Sul (2022). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Extensão Rural atuando principalmente nos seguintes temas: agroecologia, produção orgânica de alimentos, Sistemas Participativos de Garantia (SPGs), agricultura familiar, comunidades tradicionais(Indígenas), comunidades ribeirinhas, assentamentos de reforma agrária, segurança alimentar, canais alternativos de comercialização.

### HENRIQUE SOLOWEJ MEDEIROS LOPES

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais da UFSCar Sorocaba (PPGCM/CCTS)e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da UFSCar São Carlos (PPGCEM/DEMa - Brasil).

### ISADORA GURJON GOMES

Bacharelado em Engenharia Ambiental

### JANETE STOFFEL

Docente da Universidade Federal da Fronteira Sul, na graduação em Ciências Econômicas e na pós graduação stricto sensu em Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Doutora em Desenvolvimento Regional pela Universidade de Santa Cruz do Sul/RS (2013). Mestre em Políticas e Projetos de Desenvolvimento pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2004). Especialização Lato Sensu em Comércio Exterior (2002). Graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1998).

### JANÍNA BARBOSA DA SILVA

Professora Associada na Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Geografia na área de Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Líder do Grupo de pesquisa Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto -CAGEOS certificado no CNPQ. Possui graduação (2003), mestrado (2006), Doutorado em Geografia (Março-2012) e Pós-doutorado (2019/20) em Geografia, todos pela Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Biogeografia, Sensoriamento Remoto e Meio Ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: meio ambiente, estuário, manguezal, impactos ambientais e degradação ambiental.

### JEFERSON ALVES DE ALCÂNTARA

Possui formação técnica na área de petróleo e gás pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e técnico em química pelo Instituto Federal de Sergipe (IFS). Atualmente graduando em química licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Foi aluno de iniciação científica pelo projeto "Distribuição, complexação e mobilidade de metais traço em águas naturais: ênfase nas interações com a matéria orgânica natural e substâncias húmicas aquáticas", foi estagiário no

AUTORES

projeto em parceria com a Petrobras "Azahar, flor de Laranjeiras" e, também, foi aluno bolsista do programa de iniciação à docência (PIBID).

## JOÃO PEDRO OCANHA KRIZEK

Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas (2021) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus São Paulo. Atualmente é Professor de Educação Básica na Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Também é pesquisador ativo no Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Meio Ambiente, Ensino, Tecnologia e Cidade (AMBIENTEC). Tem experiência na área de ecologia, com foco em ecologia da paisagem, ecologia da conservação, sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados em estudos ambientais, ensino de ecologia.

## JOEL MARQUES DA SILVA

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Bacharel em geologia pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Técnico de nível médio em Química pelo Instituto Federal de Sergipe (IFS). Tem experiência na área de hidrogeologia e química analítica, integrante do grupo de pesquisa em Química Analítica Ambiental, no Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental (LTMA), experiência na avaliação de qualidade da água através da análise de parâmetros físico-químicos.

## JONATHAN GONÇALVES DA SILVA

Professor Adjunto da Universidade Federal da Grande Dourados, onde tem desenvolvido suas pesquisas em temas relacionados à transição do Brasil para uma economia de baixo carbono. Além disso, tem estudado, por mais de dez anos, alternativas economicamente viáveis para reduzir o desmatamento nos biomas Amazônia, Cerrado, bem como das emissões de gases de efeito estufa decorrentes desse processo. Foi pesquisador visitante na Universidade de Monash (Austrália) e é doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo.

## JOSÉ VICTOR ORLANDI SIMÕES

Bacharelado em Engenharia Ambiental

## JULIANO DOS SANTOS CARDOSO

Advogado, doutorando em Agronegócios pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), mestre em Agronegócios pela UFGD, pós-graduado em direito ambiental e urbanístico pela UNIDERP/Anhanguera, pós-graduado em direito tributário pela UNIDERP/Anhanguera, e, licenciado em ciências biológicas pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

## KALINE DE MELLO

Bióloga formada pela UNESP e atualmente pesquisadora na UFSCar-Sorocaba. Pós-doutora pelo Laboratório de Ecologia de Paisagens e Conservação da USP e University of Queensland (Australia). Doutora em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela USP-ESALQ com período sanduíche na University of Massachusets (USA). Desenvolve pesquisa nas áreas de planejamento Ambiental, mudança no uso e cobertura do solo, recursos hídricos, qualidade da água, zona ripária e manejo de bacias hidrográficas.

## LEANDRO VINÍCIOS CARVALHO

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Atualmente é professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados, onde também atua no curso de graduação em Ciências Econômicas. Nessa instituição, desenvolve pesquisas sobre políticas macroeconômicas, sobretudo, políticas agrícolas, políticas comerciais e também nas questões de sustentabilidade.

AUTORES

## LUCIANA CAVALCANTI MAIA SANTOS

Professora Doutora Efetiva e Coordenadora de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Pirituba. Doutora em Ecologia pelo Instituto de Biociências da USP (2015). Mestre em Ciência Ambiental pela Universidade de São Paulo (2010). Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista, UNESP/Rio Claro (2007). Líder do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Meio Ambiente, Ensino, Tecnologia e Cidade (AMBIENTEC), lotado no IFSP Câmpus Pirituba. Foi professora Assistente Doutora da UNESP Campus de Registro e professora do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Aquática da UNESP/CLP . Desde 2006 atua como pesquisadora da FAPESP, desenvolvendo projetos de pesquisa em ecologia e meio ambiente. Em 2008 foi bolsista da Society of Conservation GIS (Califórnia, EUA), realizando vários cursos de SIG voltados para conservação, planejamento e gestão ambiental. Em 2011 realizou estágio de doutorado na Vrije Universiteit Brussel (Bruxelas, Bélgica). Têm experiência em sensoriamento remoto, geoprocessamento e SIG aplicados para estudos ecológicos e ambientais, mudanças climáticas, ensino de ciências e de ecologia, tomada de decisão, análise ambiental e sócio-ecológica, ecologia da paisagem, ecologia de comunidades e ecologia de populações, manejo da pesca, avaliação de impactos antrópicos, pesca artesanal e recursos pesqueiros, etnoecologia e conhecimento tradicional de comunidades costeiras, conservação e gestão ambiental, gerenciamento costeiro e desenvolvimento sustentável.

## LUISA FERNANDA TOVAR CORTÉS

Candidata a Doutora em Ciências Econômicas pela Universidade Nacional da Colômbia (FCE/UNAL). Pesquisadora do Grupo de Pesquisa de Socioeconomía, Desarrollo e Instituciones da Faculdade de Economia da Universidade Nacional da Colômbia (GSEID/FCE/UNAL).

## MARAÍNA SOUZA MEDEIROS

Possui mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU/Câmpus Umuarama (2015 a 2017). Possui curso de aperfeiçoamento em "Técnicas aplicadas ao Meio Ambiente" pelo Centro de Estudos e Formação (2014). É Licenciada em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG Câmpus Itumbiara (2010 a 2013). Atuou como Petiana bolsista no Programa de Educação Tutorial (PET) vinculado à SEsu/MEC e denominado "PET Química: Educação, Ambiente e Sociedade" (2013 a 2014). Trabalhou como auxiliar de laboratório (estagiária) no laboratório de Controle de Qualidade de Águas da Companhia de Saneamento Básico do Estado de Goiás - Saneago S/A, regional de Itumbiara - GO (2011 a 2013). Atualmente, é auxiliar de biblioteca no Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara (IFG) desde outubro de 2017 e Doutoranda em Química pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU desde agosto de 2021.

## MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista - UNESP (1987), com mestrado (1991) e doutorado (1995) em Ciências Biológicas (Zoologia) na mesma universidade. Professor (efetivo) da UNESP na FCAV / UNESP Câmpus de Jaboticabal (1994-2003) e no IB / Câmpus do Litoral Paulista (CLP) de (2004-presente data), nesta última unidade tendo sido Coordenador Executivo (Diretor) de 2005 a 2009. Coordenador do Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos (CRUSTA), Coordenador de Meios da Fundação para o Vestibular da UNESP (VUNESP), membro da Sociedade Brasileira de Zoologia (SBC), Sociedade Brasileira de Carcinologia (SBC) e The Crustacean Society (TCS), bolsista de produtividade científica do CNPq, onde também atua como colaborador/avaliador. Parecerista da FAPESP, CNPq e outros órgãos de fomento. Assessoria técnico-científica junto ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul (CEPSUL/ICMBio) e outros órgãos de Governos Estaduais e do Governo Federal. Coordenador de Táxon (Crustacea), responsável pelas avaliações das espécies de crustáceos brasileiras sob ameaça de extinção. É Biólogo Marinho, com especialização e interesse na área de Zoologia dos Invertebrados, com ênfase aos artrópodos e, em especial, aos crustáceos decápodos braquiúros (caranguejos e siris). Os temas de interesse são aqueles relacionados a

AUTORES

biologia e gestão pesqueira, crescimento/reprodução, conservação de espécies, ecologia de manguezais e outros ambientes costeiros.

## MARCELO DOS SANTOS FORCATO

Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) da Universidade Estadual Paulista (UNESP - câmpus de Bauru), mestre em Design pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), graduado em Design de Produto pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), e professor assistente do Departamento de Design e Moda da Universidade Estadual de Maringá. orcid.org/0000-0002-3838-2716

## MARCELO KOZMHINSKY

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1986). Tem experiência na área de Paisagismo. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

## MARIANA PIRES VIDAL LÓPEZ

Doutora em Administração e Turismo. Mestra em Administração e Desenvolvimento Empresarial. Professora do Curso de Hotelaria do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas – ICSA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Temas de interesse: Turismo; Hotelaria; Inovação; Sustentabilidade.

## MARISA DANTAS BITENCOURT

Bacharelado incompleto de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo (1974 a 1977) e Bacharelado completo em Ciências pela Universidade de Houston - Texas (1979), Mestrado em Sensoriamento remoto e aplicações, pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1985), Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, pelo Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UFSCar (1992), e pós-doutorado no Departamento de Geografia da Universidade de Edimburgo - Escócia. Desde 1986 até o presente é professor do Departamento de Ecologia, do Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Ecologia Aplicada, atuando nos seguintes temas: sensoriamento remoto aéreo e orbital, espactroradiometria de campo e de laboratório, álgebra de imagens, desenvolvimento e aplicação de modelos de tomada de decisão, e análise espacial de variáveis ambientais uteis a ecologia humana, animal e vegetal, bem como limnologia.

## MARISOL VALENCIA ORREGO

Doutora em Serviço Social pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGSS/UFRJ). Professora Efetiva do Programa de Graduação em Serviço Social da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (SESO/UFRRJ). Coordenadora do Núcleo de Estudo e pesquisa da prática professional do Serviço Social (NEPPSS-UFRRJ).

## NEISON CABRAL FERREIRA FREIRE

Possui Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Santa Úrsula (Rio de Janeiro, 1987), Especialização em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Paraná (Curitiba, 1998), Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação pela Universidade Federal de Pernambuco (Recife, 2003), Doutorado em Geografia também pela UFPE (Recife, 2009) e Pós-Doutorado em Ciências Humanas e Sociais pela Universidade de Buenos Aires (Argentina, 2012). Capacitação em Sensoriamento Remoto no Centre d'Etudes Spaciales de la Biosphere (CESBIO) da Université Paul Sabatier, Toulouse, França (2016).Tem experiência na área de Geociências com ênfase em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, atuando principalmente nos seguintes temas: meio ambiente e desenvolvimento, planejamento urbano e regional, inovação em geotecnologias aplicadas à pesquisa social, vulnerabilidade social e gestão de risco às catástrofes e

AUTORES

análise de políticas públicas territoriais. Foi consultor nas áreas de Desenvolvimento Regional para o Ministério da Integração Nacional e de Zoneamento Ecológico-Econômico para o Ministério do Meio Ambiente. Pesquisador Convidado do Programa de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PIRNA) da Universidad de Buenos Aires. Foi Pesquisador Visitante do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) entre 2011 e 2013. De 2007 a 2021 foi Pesquisador Titular na Diretoria de Pesquisas Sociais da Fundação Joaquim Nabuco (Fundaj), em Recife-PE, Brasil, onde coordenou o Centro Integrado de Estudos Georreferenciados para a Pesquisa Social Mário Lacerda de Melo (CIEG), publicando diversos estudos georreferenciados sobre o bioma Caatinga, a bacia hidrográfica do São Francisco e desastres no Nordeste brasileiro, além de ter atuado como Coordenador-Geral do Centro de Estudos em Dinâmicas Sociais e Territoriais (Cedist) e Presidente da Câmara de Pesquisa e Divulgação Científica do Conselho Técnico e Científico (Contec) da Fundaj (2012-2014). Foi professor do Progra

## PATRICIA MICHELE RIBEIRO

Licencianda em Química pelo Instinto Federal de Educação e Tecnologia de Goiás Campus Itumbiara; Programa Institucional Iniciação à Docência (PIBID), Programa Institucional Regência Pedagógica (PRP) pela mesma instituição. Áreas de interesse: Ensino para Ciências, Matemática, Ensino de Química e Física, Ensino por projetos Práticas de Ludo Pedagogia, Sustentabilidade, e Química Ambiental.

## PATRÍCIA OLIVEIRA DE FREITAS

Pós-Doutora em Estudos da Criança, Universidade do Minho (UMINHO, Portugal). Doutora em educação pela Universidade Federal Fluminense (Brasil). Professora do Curso de Hotelaria do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas – ICSA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Temas de interesse: Estudos do Consumo e Comportamento do Consumidor; Criança, Consumo e Turismo; Publicidade, Consumo e Gênero.

## PEDRO HENRIQUE PEREIRA E MOREIRA

Graduado em Gestão Pública e cursando Ciências contábeis. É Auxiliar de Biblioteca no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Itumbiara desde 2016.

## PEDRO IVAN CHRISTOFFOLI

Engenheiro Agrônomo (UFSC 1986), Especialista em Cooperativismo (UNISINOS 1996), mestre em Administração (UFPR 2000) e doutor em Desenvolvimento Sustentável (Universidade de Brasília 2009). Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul. Coordenador do Núcleo de Estudos em Cooperação (NECOOP/UFFS). Professor do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável (UFFS) e Desenvolvimento Territorial da América Latina (UNESP). Pesquisa os seguintes temas: reforma agrária, desenvolvimento territorial, agroecologia, e economia solidária.

## PETER H. MAY

Doutor em Economia dos Recursos Naturais pela Cornell University. Professor Titular do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade da Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro (CPDA/UFRRJ); e do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do IE/UFRJ. Pesquisador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Políticas Públicas para Estratégias de Desenvolvimento (INCT-PPED).

## RAIMUNDO MAINAR DE MEDEIROS

Pós-Doc e ex-Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco (setembro/2016-abril/2018); Doutor em Meteorologia (2016) Universidade Federal de Campina Grande; mestre em Meteorologia (1990) Universidade Federal da Paraíba; Graduado em Meteorologia (1985)

AUTORES

Universidade Federal da Paraíba; Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (2005) Universidade Federal do Piauí; Curso de especialização em Ciências Ambientais (2003),Universidade Federal do Piauí.

## RICARDO HIDEO TANIWAKI

Professor do Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, na UFABC-Santo André. Biólogo pela Universidade Paulista, mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela UNESP e doutorado em Ecologia Aplicada pela ESALQ/CENA-USP e Universidade de Otago, Nova Zelândia. Foi pesquisador pós-doutor da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba. Foi professor visitante na Universidade de Wisconsin - Madison (EUA). Tem experiência na área de ecologia de ecossistemas, com ênfase em ecologia aquática, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade da água, ecologia de riachos, vegetação ripária e emissões de gases de efeito estufa.

## ROGÉRIO CÉSAR PEREIRA DE ARAÚJO

Formou-se em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal do Ceará (1988) e obteve o título de Mestre em Economia Rural, em 1992, também pela UFC. Em 1993, ingressou como Professor Assistente no Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da UFC. Obteve seu título de Ph.D. em Economia Agrícola pela University of Illinois em Urbana-Champaign, Estados Unidos, em 2002. Em 2013, foi Visiting Scholar na Colorado State University, Fort Collins (EUA), onde desenvolveu pesquisa na área de Economia Ambiental como parte de seu Pós-Doutorado no Exterior(CNPq/CsF). Na graduação, leciona as disciplinas de Economia de Recursos Naturais e Economia Pesqueira para cursos do Centro de Ciências Agrárias. Na pós-graduação, como parte do corpo docente do PRODEMA-UFC e PPGER, leciona as disciplinas de Valoração Econômica Ambiental, Gestão das ´Águas em Ambiente Semiárido, Economia dos Recursos Naturais e Economia da Produção Agrícola. Foi Coordenador (2003-2004) e Vice-Coordenador (2005-2006) do PRODEMA/UFC; exerceu o cargo de Coordenador Geral da Rede Prodema por dois mandatos, de 2004 a 2007; e coordenador do Mestrado Acadêmico em Economia Rural (MAER) (2011-2012). Atualmente, chefia o Dep. de Economia Agrícola (CCA/UFC), coordena o Núcleo de Estudos em Economia do Meio Ambiente (NEEMA), representa a UFC na Câmara Temática de Reciclagem na ADECE/Governo do Estado do Ceará, e realização a graduação em Direito na Faculdade Ari de Sá.

## ROGÉRIO GALANTE NEGRI

Bacharelado em Matemática. Mestrado em Computação Aplicada. Doutorado em Computação Aplicada. Professor Universitário

## ROMILDO MORANT DE HOLANDA

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco, mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba, Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Especializações em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFPE e em Gestão da Qualidade na Construção Civil pela UPE. Coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - PPEAMB/UFRPE. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## ROMILSON ALVES DA SILVA

Mestrando em Educação Profissional e Tecnológica PROFEPT/IFAM/ CMC (2021); Pós-graduado a nível de especialização em Pedagogia Escolar: Supervisão, Orientação e Administração Escolar (2006), pela Faculdade Internacional de Curitiba (FACINTER)/Instituto Brasileiro de Pós-Graduação e Extensão (IBPEX); pós-graduado a nível de especialização em Geografia, Meio Ambiente e Sustentabilidade e Psicopedagogia Institucional e Clínica, pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI); graduado em Licenciatura Plena em Pedagogia (2005), pela Universidade Estadual Vale

AUTORES

do Acaraú (UVA); graduado em Licenciatura Plena em Geografia (2020), pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL).

## RÔMULO ANDRÉ SANTOS SILVA

Possui graduação em Engenharia de Petróleo (2018) pela Universidade Tiradentes - UNIT, onde atuou como bolsista PROBIC/UNIT com ênfase em recursos hídricos, análise de qualidade da água, plano de segurança da água, índice de qualidade de água (IQA) e cromatografia líquida de alta eficiência, com estudos desenvolvidos no Instituto de Tecnologia e Pesquisa da Universidade Tiradentes - ITP/UNIT, atualmente é mestrando em Engenharia e Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Sergipe - UFS atuando na área de Tecnologia e gestão ambiental dentro da linha de pesquisa de gestão e monitoramento ambiental, com estudo que envolve aplicação da cromatografia por troca iônica.

## ROSELAINE BONFIM DE ALMEIDA

Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, mestrado em Economia Aplicada pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP-USP) e doutorado em Economia Aplicada pela ESALQ-USP. Atua na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), onde é professora do Quadro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, com atuação nos cursos de Mestrado e Doutorado.

## SANDRA MARTINS LOHN VARGAS

Doutora em Administração e Turismo , Mestra em Administração, Especialista em Orientação Profissional, Formação em Gestão de Recursos Humanos, Gestão do Turismo e Biblioteconomia. Professora e Tutora na área de Gestão, Professora Conteudista, Pesquisadora nas áreas de Estratégia, Inovação e Sustentabilidade.

## SÁTIVA BARBOSA DE BRITO LÉLIS

Possui graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (2010) e mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (2012), na área de Tratamento de Água e Resíduos. Possui experiência em Licenciamento Ambiental, nas áreas de construção civil, indústria e obras públicas. Atua como professor da Universidade Potiguar-Laureate International Universities, ministrando as disciplinas de Saneamento Ambiental e Saúde e Tratamento de Água, Esgoto e Resíduos Sólidos no curso de Engenharia Civil. Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

## SHIRLANY PONTES DA SILVA

Técnica em Meio Ambiente

## SILVÂNIO SILVÉRIO LOPES DA COSTA

Doutorado em Química com área de concentração em Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia. Químico e professor permanente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais (PPGECIA) e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Atua na área de Química Analítica com ênfase em Análise de Traço em alimentos e amostras ambientais, atuando nos seguintes temas: otimização e desenvolvimento de métodos, técnicas espectroanalíticas e análise multivariada de dados.

## SIMONE MACHADO GOULART

Doutora em Agroquímica (Área: Química Analítica) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Possui graduação em Tecnologia de Laticínios pela Universidade Federal de Viçosa (2002), Licenciatura em Química pela Universidade Católica de Brasília (2009). É professora do Instituto

AUTORES

Federal de Goiás (IFG), Câmpus Itumbiara, atuando nos cursos Técnico em Química, Licenciatura em Química e Especialização em Ensino de Ciências e Matemática. Foi tutora do Grupo PET Química: Educação, Ambiente e Sociedade do IFG, atuando em atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão de 2013 à 2019. Tem experiência na área de Química de Alimentos, Química Ambiental e Forense, atuando nos seguintes temas: cromatografia e compostos orgânicos poluentes, especialmente agrotóxicos.

## TATIANA SUSSEL GONÇALVES MENDES

Possui graduação em Engenharia Cartográfica pela FCT/UNESP (2002), e mestrado (2005) e doutorado (2012) em Ciências Cartográficas pela FCT/UNESP. É docente do Departamento de Engenharia Ambiental do ICT/UNESP.

## TIAGO BESSA ARAGÃO

Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas - Universidade Estadual do Ceará (UECE) Graduado em Farmácia - Universidade Federal do Ceará (UFC) Especialista em Saúde Pública - Universidade Estadual do Ceará (UECE) Especialista em Direito Ambiental - Centro Universitário Internacional (UNINTER/PR) Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Universidade Federal do Ceará (UFC) Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Universidade Federal do Ceará (UFC) Fiscal Ambiental - Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) / Governo do Estado do Ceará Atualmente, Diretor de Tecnologia da Infomação e Comunicação. Já exerceu as funções de Assessor Técnico, Gerente de Execução de Fiscalização e Diretor de Fiscalização na Diretoria de Fiscalização, e, Assessor Especial na Coordenação do Escritório de Projetos da SEMACE.

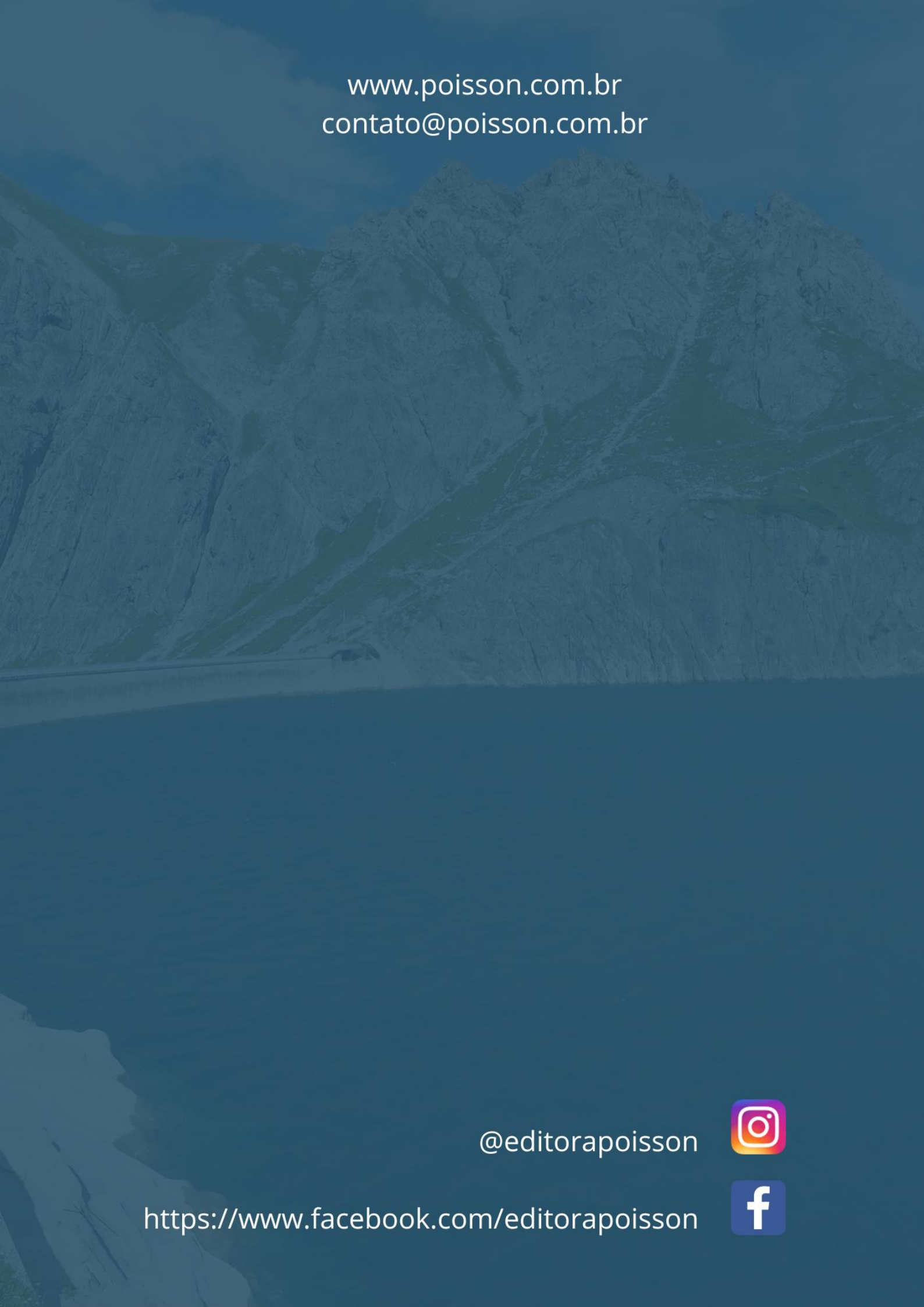
## VAGNER BASQUEROTO MARTINS

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em História (UEM), iniciado em 2022, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Design da (UFPR), 2016, MBA em Design Thinking (Unyleya), 2020. Professor assistente no Curso de Design da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Experiência em Design Gráfico, Editorial, Semiótica, Metodologias, Ética, Cultura, assim como experiência no desenvolvimento de conteúdos para cursos EAD de diversas instituições no nível de graduação e pós-graduação. Linhas de pesquisa relacionadas com a semiótica, design gráfico, editorial e cultura material. orcid.org/0000-0002-3597-9621

## VICENTE DE PAULO SILVA

Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestrado em Engenharia Civil - Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e Doutorado em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Atualmente é professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Tem experiência nas áreas de Drenagem e Recuperação de Áreas Degradadas, Saneamento Ambiental e Reúso de Águas Residuárias.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson